

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

Departamento de Ingeniería mecánica

**TRANSFORMACIÓN DE UNA  
MINI-MOTO DE GASOLINA A  
ELÉCTRICA: ESTUDIO Y  
MODELADO**

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: MECÁNICA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

AUTORA: ROCÍO CARRASCO HIDALGO

TUTOR: DAVID MAURICIO ALBA LUCERO

DIRECTOR: DR. D. JUAN CARLOS GARCÍA PRADA

FECHA: NOVIEMBRE 2011





Título: Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

Autor: Rocío Carrasco Hidalgo

Director: Dr. D. Juan Carlos García Prada

### EL TRIBUNAL

Presidente: EFRÉN DIEZ JIMÉNEZ

Vocal: JORGE PLEITE GUERRA

Secretario: IGNACIO VALIENTE BLANCO

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 17 de Noviembre de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de 9.

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer este proyecto a todos mis familiares y amigos, por estar apoyándome siempre, durante la realización de mi carrera y en concreto durante la realización de este proyecto.

En especial quería agradecerle su ayuda a mi amigo José Antonio Agudo, por prestarme su mini-moto y dejarme desmontarla y estudiarla. Sin él no habría sido posible.

Por último, quería agradecer a mi tutor David Mauricio Alba haber estado siempre que le he necesitado, facilitándome en la medida de lo posible la resolución de dudas, y por ayudarme en la elección de mi proyecto, contando con el poco tiempo que tenía para realizarlo.

Gracias a todos.

Rocío Carrasco Hidalgo

Noviembre de 2011



## RESUMEN

Con el presente proyecto se pretenden estudiar las modificaciones que deberíamos realizar para transformar una mini-moto de gasolina en una mini-moto eléctrica y exponer cuales serían las principales ventajas e inconvenientes de cada tipo de mini-motos.

Se comenzará explicando las distintas partes de las mini-motos de gasolina, para especificar posteriormente cuales de esas partes tendrán que ser modificadas en la nueva mini-moto eléctrica.

Una vez expuestas y explicadas las partes de la mini-moto de gasolina, se prosigue con la elección de los nuevos componentes de la mini-moto eléctrica. Para ello evaluaremos los requisitos necesarios para el correcto funcionamiento de la mini-moto, teniendo en cuenta la normativa vigente para mini-motos en España.

Finalmente, se realizarán los cálculos para comprobar las prestaciones que conseguiríamos en nuestra mini-moto y se modelará la mini-moto para comprobar la correcta distribución de los nuevos elementos.

**Palabras clave:** mini-moto, vehículos eléctricos.





## ABSTRACT

The present project aims to study the modifications to be done to transform a mini-bike petrol at a mini-electric motorcycle and expose what would be the main advantages and disadvantages of each type of mini-bikes.

We begin by explaining the different parts of the mini-jet fuel, to further specify which of those parties will have to be modified in the new mini-electric motorcycle.

Once exposed and explained the parts of the mini-bikes gasoline continues with the election of the new components of the mini-electric motorcycle. This will assess the requirements for the proper functioning of the mini-bike, taking into account the current regulations for mini-bikes in Spain.

Finally, calculations are performed to test the performance would get in our mini-bike and mini-bikes modeled to verify the correct distribution of the new elements.

**Key words:** mini-bike, electrical vehicles.



## INDICE GENERAL

### INTRODUCCIÓN

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1. Introducción           | 16 |
| 2. Objetivos del proyecto | 17 |
| 3. Fases del desarrollo   | 17 |

### ANTECEDENTES

|  |    |
|--|----|
| 4. Historia de la mini-moto                        | 19 |
| 5. Partes y componentes de una mini-moto eléctrica | 22 |
| 5.1. Chasis  | 22 |
| 5.2. Suspensión delantera                          | 24 |
| 5.3. Suspensión trasera                            | 26 |
| 5.4. Las ruedas                                    | 29 |
| 5.5. Los frenos                                    | 30 |
| 5.6. Transmisión                                   | 32 |

### SISTEMA MOTRIZ DE LA MINI-MOTO

|  |    |
|--|----|
| 6. Normativa   | 35 |
| 7. Diferentes componentes entre mini-moto eléctrica y de gasolina                                    | 39 |
| 8. Ventajas e inconvenientes de los motores eléctricos frente a los motores de gasolina en vehículos | 40 |
| 9. Tipos de motores eléctricos   | 42 |
| 10. Tipos de motores eléctricos utilizados en mini-motos en la actualidad                            | 44 |
| 10.1. Potencia de los motores para mini-motos eléctricas   | 44 |
| 10.2. Tensión de los motores para mini-motos eléctricas  | 45 |
| 10.3. Autonomía de las mini-motos eléctricas   | 45 |
| 10.4. Velocidad de las mini-motos eléctricas   | 45 |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>11. El motor Brushless</b>  | <b>46</b> |
| 11.1. Introducción   | 46        |
| 11.2. Principio de funcionamiento  | 48        |
| <b>12. Baterías para un vehículo eléctrico</b>                               | <b>50</b> |
| 12.1. Fundamentos  | 50        |
| 12.2. Desarrollo   | 51        |
| 12.3. Recarga  | 52        |
| 12.4. Duración   | 52        |
| <b>13. Tipos de baterías en motos eléctricas</b>                             | <b>53</b> |
| 13.1. Baterías de Plomo con ácido.   | 53        |
| 13.2. Baterías de níquel e hidruro metálico.                                 | 54        |
| 13.3. Baterías de Ion de Litio.  | 55        |
| 13.4. Nuevas baterías de litio   | 56        |
| <b>ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA MOTRIZ</b>                                   |           |
| <b>14. Datos básicos de la mini-moto a estudiar</b>                          | <b>58</b> |
| <b>15. Elección del motor eléctrico que colocaremos en nuestra mini-moto</b> | <b>60</b> |
| <b>16. Elección de la batería para la mini-moto</b>                          | <b>62</b> |
| <b>17. Características de otros componentes</b>                              | <b>64</b> |
| 17.1. Controlador de velocidad   | 64        |
| 17.2. Convertidor DC/DC  | 65        |
| 17.3. Cargador   | 66        |
| 17.4. Interruptor  | 67        |
| 17.5. Fusible  | 67        |
| 17.6. Medidor de corriente y tensión   | 68        |
| <b>RESULTADOS</b>  |           |
| <b>18. Cálculos</b>  | <b>70</b> |
| 18.1. Cálculo de las masas   | 70        |
| 18.2. Parámetros aerodinámicos   | 71        |
| 18.3. Condiciones medias:  | 72        |
| 18.4. Cálculo de la batería  | 72        |
| 18.5. Fuerzas y momentos   | 74        |



|  |            |
|--|------------|
| 18.6. Potencia eléctrica   | 81         |
| 18.7. Parámetros del motor:  | 82         |
| 18.8. Costes operativos:   | 86         |
| 18.9. Comparación de costes con la mini-moto de gasolina:          | 87         |
| 18.10. Conclusión obtenida con los cálculos                        | 88         |
| <b>19. Distribución de los elementos en la mini-moto eléctrica</b> | <b>89</b>  |
| <b>PRESUPUESTO Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO</b>                      |            |
| <b>20. Presupuesto</b>   | <b>107</b> |
| <b>21. Distribución del trabajo</b>                                | <b>109</b> |
| 21.1. Diagrama de Gantt  | 109        |
| <b>CONCLUSIONES</b>  |            |
| <b>22. Conclusión</b>  | <b>112</b> |
| <b>23. Futuros desarrollos</b>                                     | <b>113</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  |            |
| <b>24. Bibliografía</b>  | <b>115</b> |
| 24.1. Referencias web  | 116        |
| <b>ANEXOS</b>  |            |
| <b>25. ANEXOS</b>  | <b>119</b> |
| 25.1. Catálogo del motor   | 119        |
| 25.2. Certificado de calidad del motor                             | 122        |
| 25.3. Catálogo de la batería                                       | 123        |
| 25.4. Catálogo del interruptor                                     | 125        |
| 25.5. Catálogo del medidor de corriente y tensión                  | 129        |
| 25.6. Catálogo control de velocidad                                | 145        |



## **INDICE DE FIGURAS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.1. Mini-moto Z-100</b>                               | <b>19</b> |
| <b>4.2. Modificación primera mini-moto</b>                | <b>20</b> |
| <b>5.1. Esquema general de las partes de la mini-moto</b> | <b>22</b> |
| <b>5.2. Partes del chasis de la mini-moto</b>             | <b>23</b> |
| <b>5.3. Horquilla delantera</b>                           | <b>25</b> |
| <b>5.4. Guardapolvos</b>                                  | <b>25</b> |
| <b>5.5. Basculante</b>                                    | <b>26</b> |
| <b>5.6. Unión del amortiguador al basculante</b>          | <b>26</b> |
| <b>5.7. Amortiguador</b>                                  | <b>28</b> |
| <b>5.8. Situación del amortiguador en la mini-moto</b>    | <b>28</b> |
| <b>5.9. Rueda trasera</b>                                 | <b>29</b> |
| <b>5.10. Rueda delantera</b>                              | <b>29</b> |
| <b>5.11. Disco de freno</b>                               | <b>31</b> |
| <b>5.12. Pinza de freno</b>                               | <b>31</b> |
| <b>5.13. Detalle de la cadena</b>                         | <b>32</b> |
| <b>5.14. Transmisión por cadena</b>                       | <b>33</b> |
| <b>8.1. Motor eléctrico y gasolina</b>                    | <b>40</b> |
| <b>9.1. Tipos de motores</b>                              | <b>42</b> |
| <b>9.2. Motor síncrono sin escobillas</b>                 | <b>43</b> |
| <b>9.3. Motor asíncrono sin escobillas</b>                | <b>43</b> |
| <b>10.1. Motor Brushless</b>                              | <b>44</b> |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>11.1. Corte de un motor Brushless</b>               | <b>47</b> |
| <b>11.2. Esquema de funcionamiento motor Brushless</b> | <b>48</b> |
| <b>11.3. Funcionamiento motor Brushless</b>            | <b>49</b> |
| <b>11.4. Etapas de potencia</b>                        | <b>49</b> |
| <b>12.1. Baterías para vehículos eléctricos</b>        | <b>51</b> |
| <b>13.1. Batería de plomo con acido</b>                | <b>53</b> |
| <b>13.2. Batería de níquel e hidruro metálico</b>      | <b>54</b> |
| <b>13.3. Batería de Ion de litio.</b>                  | <b>56</b> |
| <b>14.1. Mini-moto de estudio</b>                      | <b>58</b> |
| <b>15.1. Detalle interior motor Brushless</b>          | <b>60</b> |
| <b>15.2. Motor Brushless elegido</b>                   | <b>61</b> |
| <b>16.1. Batería elegida</b>                           | <b>63</b> |
| <b>17.1. Controlador de velocidad</b>                  | <b>64</b> |
| <b>17.2. Convertidor DC/DC</b>                         | <b>65</b> |
| <b>17.3. Cargador</b>                                  | <b>66</b> |
| <b>17.4. Interruptor</b>                               | <b>67</b> |
| <b>17.5. Fusible</b>                                   | <b>67</b> |
| <b>17.6. Medidor de corriente y tensión</b>            | <b>68</b> |
| <b>19.1. Vista del chasis en 3D</b>                    | <b>89</b> |
| <b>19.2. Alzado del chasis</b>                         | <b>90</b> |
| <b>19.3. Despiece del chasis</b>                       | <b>90</b> |
| <b>19.4. Representación real del chasis</b>            | <b>91</b> |
| <b>19.5. Despiece de la rueda</b>                      | <b>91</b> |
| <b>19.6. Modelado de la rueda</b>                      | <b>92</b> |



|   |            |
|---|------------|
| <b>19.7. Representación de la rueda en isométrico</b>       | <b>92</b>  |
| <b>19.8. Alzado de la rueda</b>                             | <b>90</b>  |
| <b>19.9. Modelado del disco de freno</b>                    | <b>93</b>  |
| <b>19.10. Representación del disco de freno</b>             | <b>93</b>  |
| <b>19.11. Modelado del amortiguador</b>                     | <b>94</b>  |
| <b>19.12. Representación del amortiguador</b>               | <b>94</b>  |
| <b>19.13. Modelado de la cadena</b>                         | <b>95</b>  |
| <b>19.14. Representación de la cadena</b>                   | <b>95</b>  |
| <b>19.15. Modelado de la transmisión</b>                    | <b>96</b>  |
| <b>19.16. Representación de la transmisión</b>              | <b>96</b>  |
| <b>19.17. Despiece del manillar</b>                         | <b>97</b>  |
| <b>19.18. Modelado del manillar</b>                         | <b>97</b>  |
| <b>19.19. Representación real del manillar</b>              | <b>97</b>  |
| <b>19.20. Despiece de la horquilla delantera</b>            | <b>98</b>  |
| <b>19.21. Modelado de la horquilla delantera</b>            | <b>98</b>  |
| <b>19.22. Representación real de la horquilla delantera</b> | <b>99</b>  |
| <b>19.23. Modelado del basculante</b>                       | <b>99</b>  |
| <b>19.24. Representación del basculante</b>                 | <b>99</b>  |
| <b>19.25. Modelado del motor I</b>                          | <b>100</b> |
| <b>19.26. Modelado del motor II</b>                         | <b>100</b> |
| <b>19.27. Modelado del motor III</b>                        | <b>101</b> |
| <b>19.28. Representación del motor</b>                      | <b>101</b> |
| <b>19.29. Modelado de la batería</b>                        | <b>102</b> |
| <b>19.30. Representación de la batería</b>                  | <b>102</b> |



|   |            |
|---|------------|
| <b>19.31. Modelado de la mini-moto superior</b>   | <b>103</b> |
| <b>19.32. Modelado de la mini-moto derecha</b>    | <b>103</b> |
| <b>19.33. Modelado de la mini-moto izquierda</b>  | <b>103</b> |
| <b>19.34. Modelado de la mini-moto isométrico</b> | <b>104</b> |
| <b>19.35. Representación real de la mini-moto</b> | <b>104</b> |
| <b>21.1. Diagrama de Gantt</b>                    | <b>110</b> |





## **INDICE DE TABLAS**

|  |            |
|--|------------|
| <b>14.1. Características del motor</b>                       | <b>59</b>  |
| <b>18.1. Resumen masas totales</b>                           | <b>71</b>  |
| <b>18.2. Resumen de los parámetros aerodinámicos</b>         | <b>71</b>  |
| <b>18.3. Resumen de las condiciones medias</b>               | <b>72</b>  |
| <b>18.4. Resumen de los valores de la batería</b>            | <b>74</b>  |
| <b>18.5. Resumen de las fuerzas y momentos</b>               | <b>80</b>  |
| <b>18.6. Resumen de las potencias eléctricas</b>             | <b>81</b>  |
| <b>18.7. Resumen de los parámetros del motor</b>             | <b>86</b>  |
| <b>18.8. Resumen del coste operativo de la mini-moto</b>     | <b>87</b>  |
| <b>18.9. Resumen del consumo de la mini-moto de gasolina</b> | <b>88</b>  |
| <b>20.1. Costes de los componentes</b>                       | <b>107</b> |
| <b>20.2. Importe de mano de obra</b>                         | <b>108</b> |
| <b>21.3. Días de trabajo</b>                                 | <b>109</b> |



## INDICE DE GRÁFICOS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>18.1. Resistencia a rodadura</b>       | <b>76</b> |
| <b>18.2. Resistencia a la inclinación</b> | <b>77</b> |
| <b>18.3. Fuerza de rodadura requerida</b> | <b>78</b> |
| <b>18.4. Par de rodadura</b>              | <b>79</b> |

The background features a light blue gradient. Two thin, dark blue lines intersect at the top left, forming a V-shape that extends towards the center. A small, three-dimensional blue sphere is positioned near the vertex of this V. In the bottom right corner, a large, three-dimensional blue sphere is partially visible, overlapping the edge of the frame.

# INTRODUCCIÓN



## 1. Introducción

El proyecto consiste en el estudio de las modificaciones que hay que llevar a cabo para convertir, una mini-moto con un motor de gasolina en una mini-moto con un motor eléctrico.

Este proyecto surge de la necesidad actual de conocer el comportamiento de los vehículos eléctricos.

En la actualidad, el problema principal que encontramos en el transporte es el gasto elevado de gasolina, lo cual nos plantea cuantos años podremos seguir consumiendo este combustible fósil sin acabar con todas las reservas del planeta.

Se están realizando multitud de estudios para poder diseñar y crear nuevos transportes, que puedan moverse con energías renovables, o al menos, con combustibles más abundantes que el petróleo.

Una de las posibles soluciones a este problema la podemos encontrar en las energías renovable, aunque aún no se han desarrollado proyectos que hagan factible el uso de dichas energías en el transporte.

Por otro lado, y como es objeto de este proyecto, se han realizado estudios del uso de la electricidad. En este caso los resultados han sido más positivos, y se han diseñado multitud de vehículos capaces de moverse únicamente con un motor eléctrico. Sin embargo, aun sigue habiendo trabas para que este tipo de energía sea utilizada mayoritariamente. Los problemas principales son que las prestaciones conseguidas con un motor de combustión no se obtienen con un motor eléctrico. Por este motivo, se sigue investigado para obtener nuevos motores y nuevas baterías que solventen estos problemas.

Sin embargo, el hecho de intentar encontrar un nuevo combustible no es solo generado por la incógnita de agotamiento del petróleo. Otro elemento que también nos mueve a encontrar otra forma de energía es el daño medioambiental.

En este proyecto tendremos en cuenta estos dos factores para poder dar soluciones al respecto en el campo de las mini-motos.

Dado que ya existen numerosas mini-motos eléctricas, centraremos nuestro estudio en intentar mejorar las características técnicas para alcanzar así los datos obtenidos en las mini-motos de gasolina.



## 2. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto es conocer las diferencias entre una mini-moto de gasolina, y una mini-moto eléctrica, y realizar un estudio sobre cómo llevar a cabo la modificación de una a otra.

Estudiaremos los componentes de ambas mini-motos, cuáles son sus diferencias respecto a prestaciones y que ventajas e inconvenientes tiene una respecto a la otra.

## 3. Fases del desarrollo

Para llegar al objetivo final del proyecto, en primer lugar deberemos de conocer las partes principales de la mini-moto y cuáles son sus componentes.

Por otro lado, y ya que vamos a realizar la modificación de una mini-moto de gasolina a una eléctrica, estudiaremos cuales son las características técnicas de la mini-moto de gasolina elegida, y que componentes deberemos cambiar para conseguir nuestro fin.

Para poder ver y entender como será la mini-moto eléctrica final, modelaremos cada parte de nuestra mini-moto. De este modo podremos conocer el diseño final y obtendremos algunos datos que serán necesarios para realizar los cálculos posteriores.

El siguiente punto será la realización de un estudio de los componentes de la mini-moto eléctrica y de sus capacidades. Calcularemos todos los parámetros necesarios para conocer su comportamiento y sus características técnicas, así como una estimación de sus gastos. Para realizar este punto deberemos tener muy en cuenta cual es la normativa vigente en la actualidad en España para las mini-motos.

Para concluir, tendremos que analizar cuáles serán los gastos que tendremos que realizar para poder llevar a cabo el proyecto. Realizaremos un presupuesto detallado con todos los gastos.

The background features a light gray gradient with two thin blue lines intersecting. One line runs diagonally from the top-left towards the center, and the other runs diagonally from the top-right towards the center. There are two sets of concentric blue circles. One set is smaller and located in the upper right quadrant, with its innermost circle touching the diagonal line from the top-left. The other set is larger and located in the bottom right corner, partially cut off by the edge of the frame.

# ANTECEDENTES

#### 4. Historia de la mini-moto

Para comenzar, vamos a realizar un pequeño paseo por la historia de la mini-moto [13], [14].

El concepto de mini-moto surgió en 1961 en Japón, un país conocido por la miniaturización a gran escala de los productos.

La primera mini-moto se creó como atracción en el parque Tama Tech de Japón. Era de la marca Honda y se conocía como Z-100.

La Z-100 lucía un cuadro rojo, con un tanque de gasolina blanco y un motor de 50 cc. Era considerada un juguete más que una moto.



Fig. 4.1. Mini-moto Z-100

Esta mini-moto tuvo tanto éxito en el parque de atracciones que la marca decidió crear una serie de esta mini-moto para comercializarla.

Durante unos años, tan solo se realizaron algunas modificaciones del modelo inicial, pero en 1967, se fabricó un nuevo modelo, diferente al anterior, que contaba con un manillar plegable, que facilitaba su transporte, y un nuevo asiento. También se modificaba su motor, el cual tenía una cámara encima.



Fig. 4.2. Modificación primera mini-moto

Este modelo popularizó estas motos y a partir de ahí, el mercado japonés siguió comercializando diferentes modelos.

Sin embargo, no fue hasta 1969 cuando se empezaron a comercializar dichas mini-motos en EE.UU. en primer lugar, y posteriormente en Europa.

Desde ese momento, Honda comenzó a fabricar también en EE.UU., convirtiéndose en uno de los principales distribuidores de este producto.

Hace algunos años, se empezaron a realizar campeonatos de mini-motos. Cuando este deporte llegó a Europa, los fabricantes italianos comenzaron la investigación y el desarrollo en la producción de las mini-motos.

Así surgieron nuevas marcas, que hicieron el mercado de las mini-motos más competitivo.

Los avances realizados por los italianos han dado lugar a mini-motos con mejores prestaciones.

Algunos de los corredores de motociclismo conocidos hoy en día, comenzaron en las carreras de mini-motos. Por ejemplo Valentino Rossi se inició en este deporte a menor escala y fue uno de los grandes campeones. Después empezó a competir en el Gran Premio de moto GP y en la actualidad es uno de los pilotos con más victorias acumuladas.





## Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

En el caso de España, las mini-motos aparecieron alrededor de 1992. Se crearon campeonatos en Madrid, en los que corrieron gente como Dani Pedrosa, e introdujeron motos como la Polini Dreambike.

Con el paso de algunos años y la innovación en la tecnología de las mini-motos, estas elevaron mucho sus precios, reduciéndose así a un público muy exclusivo.

Esto cambió hace algunos años cuando aparecieron las mini-motos chinas, dejando aparte las mini-motos europeas y americanas.

Estas mini-motos de origen chino han conseguido que este fenómeno se haya popularizado de nuevo, gracias al bajo coste de fabricación, distribución y venta de estos vehículos.

Miles de aficionados al motor y al mundo de las dos ruedas han adquirido ya una de estas mini-motos y disfrutan de las sensaciones que proporcionan estos vehículos, completamente similares a las que se producen al conducir una de tamaño real.

Entre los escasos 45 cm de altura a la que se encuentra el piloto y el no poder ver la mini-moto mientras se está pilotando debido a su pequeño tamaño, proporcionan unas sensaciones de velocidad ampliamente superior a la que se tiene en realidad.

## 5. Partes y componentes de una mini-moto [1]

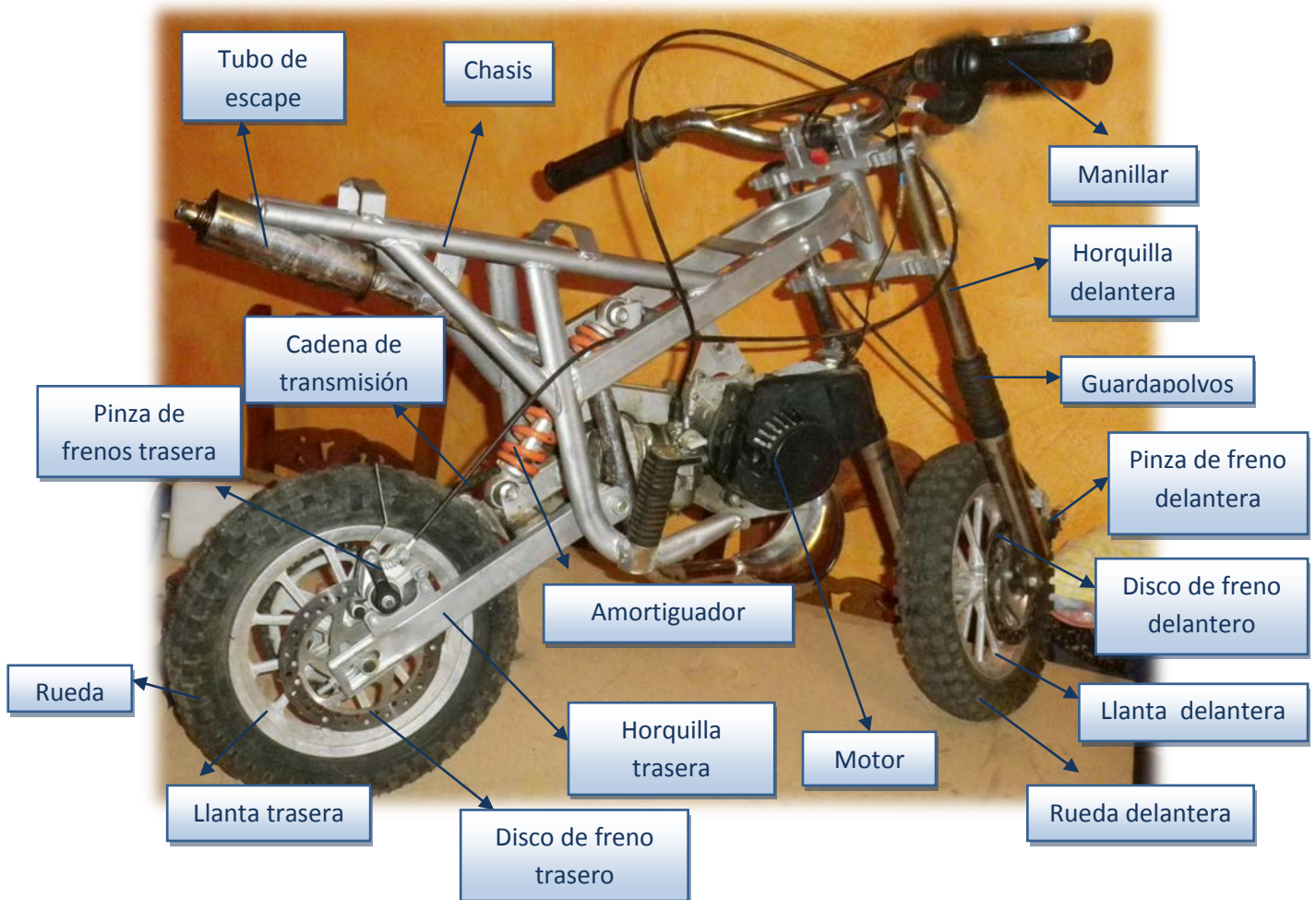


Fig. 5.1. Esquema general de las partes de la mini-moto

### 5.1. Chasis

En la estructura general de un chasis encontramos en primer lugar la zona de anclaje de la suspensión delantera. Se trata de un eje denominado “pipa de dirección”. Por la propia estructura de la horquilla, este punto se sitúa en la parte delantera en la parte más alta del chasis. El otro punto de anclaje de la suspensión suele ser el eje basculante, que debe combinarse con un soporte para el o los amortiguadores traseros. Esas zonas están sometidas a unos grandes esfuerzos, de modo que conviene que dispongan de la máxima rigidez posible. Además hay que unir ambos anclajes con una estructura. Este elemento es el que más varía al comparar los distintos tipos de chasis. Puede estar realizado con tubos, chapas, vigas gruesas, etc.

Otros elementos que debe tener el chasis son los anclajes para el motor, lo suficientemente resistentes como para que no les afecte ni el peso ni las vibraciones. El motor es ocasionalmente parte de la estructura del chasis, ya que debido a su gran resistencia, puede realizar funciones portantes, permitiendo que el chasis sea más elástico. También hay que sujetar al piloto mediante una estructura y los diferentes elementos accesorios como el depósito de la gasolina y la carrocería en general, así como los accesorios del piloto. Si se incluye el basculante trasero como un elemento del chasis, hay que señalar que esta pieza está sometida a unos grandes esfuerzos y que debe ser muy resistente.

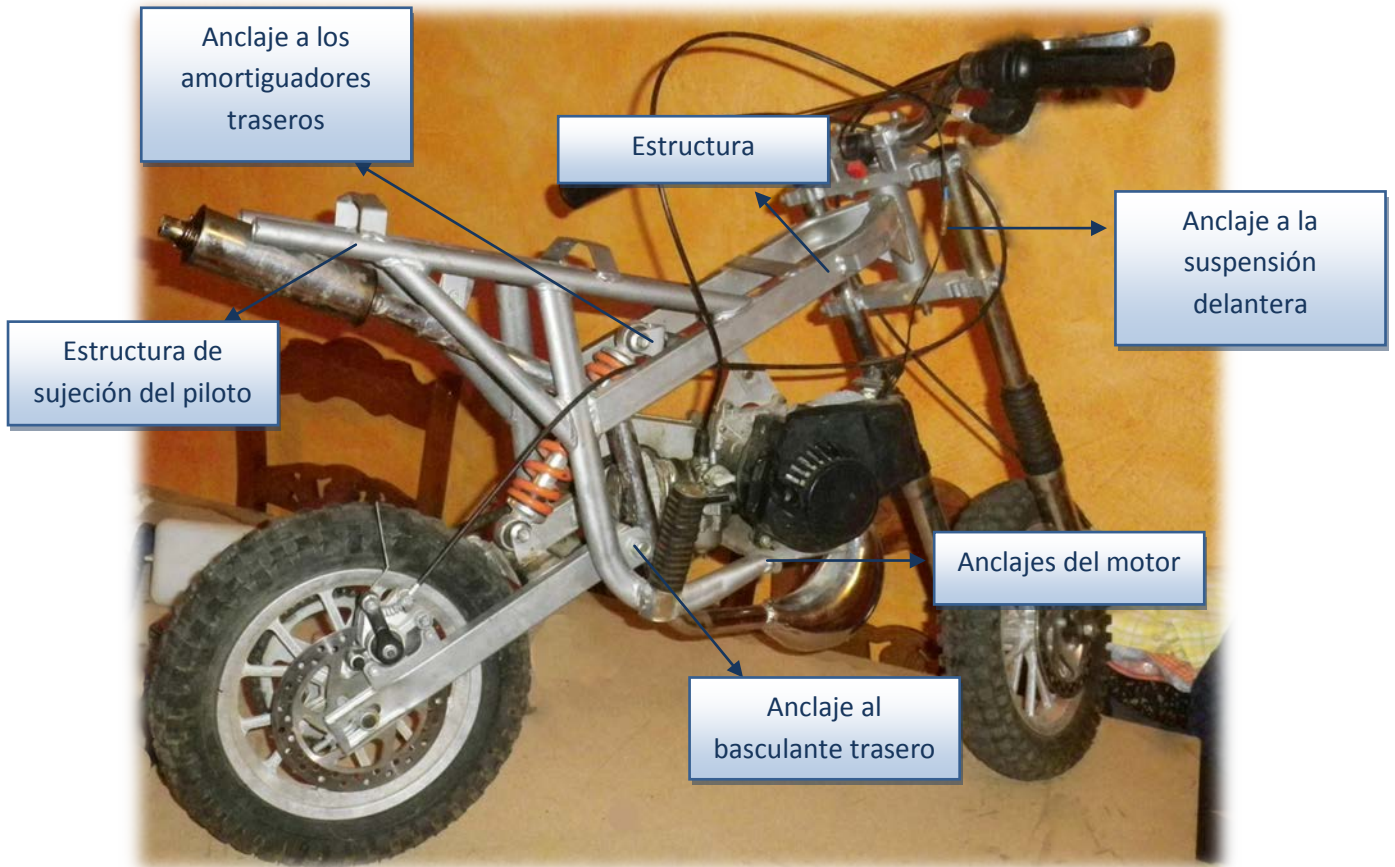


Fig. 5.2. Partes del chasis de la mini-moto



## 5.2. Suspensión delantera

Las motocicletas necesitan incorporar en su estructura unos anclajes elásticos entre la estructura principal y el terreno. La razón es bien sencilla, como el piso por el que transitan no es completamente uniforme se producen constantes elevaciones y hundimientos del conjunto. Esto no plantea excesivos problemas a baja velocidad, pero si esta aumenta se llega a un punto en que la moto salta sobre el terreno por efecto de la inercia, perdiendo contacto con el suelo, y, por lo tanto, capacidad de maniobra. Además, los constantes saltos causan incomodidad al piloto y los pasajeros, que se ven continuamente sacudidos sobre el vehículo. Los elementos que hacen que esto sea posible paliar estos problemas forman la suspensión.

Para absorber las irregularidades del terreno, es necesario contar con un sistema que sea capaz de deformarse, de manera que, mientras la estructura general de la moto no se ve afectada por la irregularidad, las ruedas son capaces de sortear el obstáculo. Realizar esto se bastante difícil y la moto siempre sufrirá una pequeña desviación de la trayectoria horizontal, ya que el elemento elástico no es tan perfecto como para que no haya reacción sobre el chasis. Los elementos elásticos empleados normalmente son los muelles helicoidales.

Este tipo de resortes están constituidos por un hilo metálico de grosor variable, que se enrolla en el exterior de un cilindro, de manera que adopta la forma de una hélice. La forma de trabajo del muelle es muy sencilla. Al comprimirse sus hilos se acercan en el sentido del eje del cilindro sobre el que se enrolla, mientras que al estirarse ocurre lo contrario.

Cuando el muelle se comprime o se descomprime se generan oscilaciones, lo que hace que este sistema no sea del todo valido. Para reducir esas oscilaciones se coloca en la suspensión un amortiguador.

El sistema de suspensión mas empleado es la horquilla telescópica. La horquilla está formada por dos brazos que unen la pipa de dirección a la rueda, anclándose respectivamente en las tijas y en el eje de la rueda delantera. Cada brazo está formado por dos tubos, de manera que uno de ellos puede introducirse en el interior del otro, variando la distancia existente entre el eje y las tijas.

El sistema empleado para que este mecanismo realice tareas de amortiguación es introducir un muelle en su interior, de manera que cada brazo tienda siempre a estirarse al máximo, y a volver a esta posición tras comprimirse por el paso sobre un obstáculo. Para frenar las oscilaciones la parte inferior se rellena de aceite hidráulico, y se instala también un freno de este tipo.



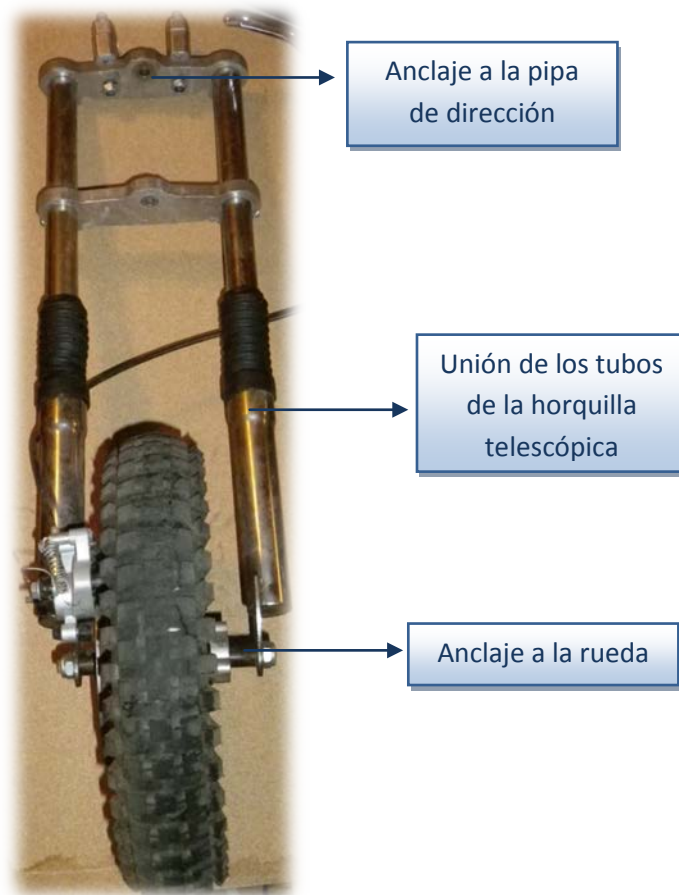


Fig. 5.3. Horquilla delantera

Para evitar que la suciedad del terreno llegue hasta el piloto, se instalan en la horquilla delantera unos elementos denominados guardapolvos.



Fig. 5.4. Guardapolvos

### 5.3. Suspensión trasera

En la suspensión trasera diferenciamos dos elementos de gran importancia en la motocicleta, el basculante y los amortiguadores. El basculante es el brazo que une la rueda con el chasis y la dota de un movimiento circular alrededor de un eje. Esta pieza debe ser muy robusta, ya que debe soportar todos los esfuerzos de torsión y flexión a los que le somete la rueda trasera. No hay que olvidar que una de las funciones primordiales de la estructura ciclista de la moto es mantener siempre alineadas las ruedas.



Fig. 5.5. Basculante



Fig. 5.6. Unión del amortiguador al basculante



Por otra parte, los elementos elásticos del tren trasero son los amortiguadores. Al igual que ocurría en la suspensión delantera, son sistemas que combinan el resorte, formado normalmente por un muelle helicoidal y un freno hidráulico, que puede trabajar tanto en la carrera de extensión como en la de compresión, con especial relevancia en la primera. La ventaja de los amortiguadores respecto de la horquilla, es que no reciben esfuerzos laterales de torsión o flexión, y, además espacialmente, no están tan limitados, de manera que pueden fabricarse con elementos hidráulicos más precisos y elaborados.

Los amortiguadores hidráulicos están formados por una estructura cilíndrica cerrada, en la cual se encuentra el pistón dotado de válvulas, bien realizadas con talados, o bien que incorporen laminas, que es lo más corriente. El pistón esta unido a un vástago de manera que el cilindro se ancla a un extremo del amortiguador, y el vástago al otro, formando un mecanismo telescópico. El funcionamiento es muy sencillo. El trabajo elástico lo realiza el muelle helicoidal que se encuentra en el exterior, arrollando el amortiguador. Cuando el muelle se comprime, el pistón se introduce en el cilindro, estando este movimiento frenado por el paso del fluido hidráulico por las válvulas. Normalmente, el hidráulico en este sentido es muy pequeño, e incluso inexistente, de manera que es el muelle el que realiza toda la función elástica en la fase de compresión. Para evitar un aumento de la presión interior causada por la introducción de parte del vástago, que disminuye el volumen interior, hay un depósito en el final donde se introduce el aceite hidráulico sobrante, que puede entrar al abrirse la válvula por la presión del aceite que se ve comprimido por el empuje del pistón.

Como el amortiguador esta completamente lleno de aceite, es necesario que la superficie de contacto entre el vástago y el amortiguador se mantenga completamente estanca. Para ellos se instala un reten de goma en el cuerpo del amortiguador que abraza al vástago.

El basculante trasero se divide en tres partes: dos brazos fabricados utilizando la tecnología de fundición a presión y una parte central producida mediante tecnología de moldeo por inyección en tecno polímero.

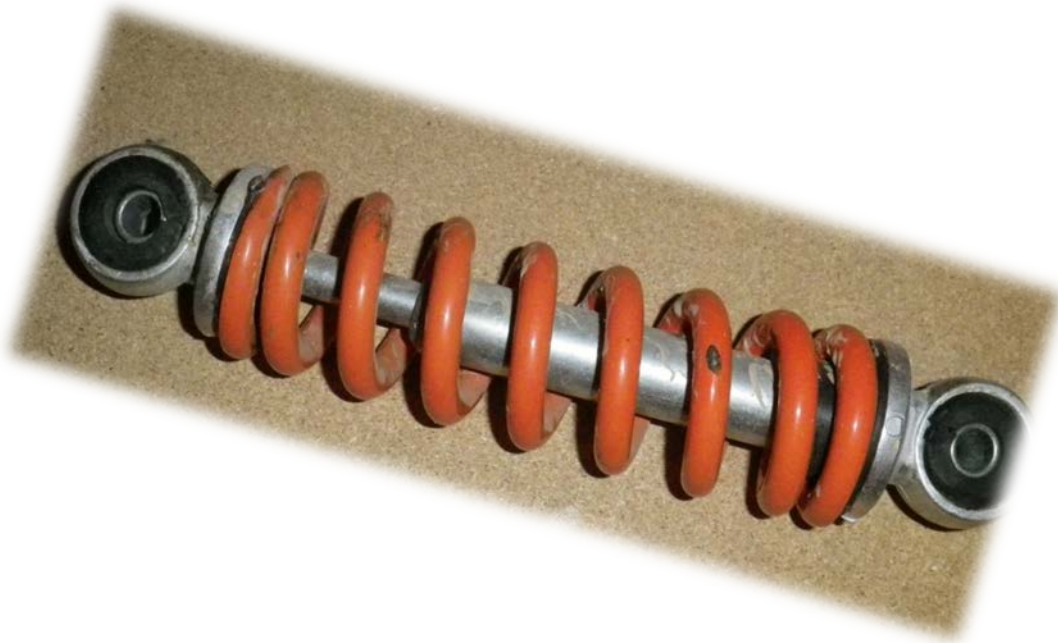


Fig. 5.7. Amortiguador



Fig. 5.8. Situación del amortiguador en la mini-moto



#### 5.4. Las ruedas

Las motocicletas se mueven mediante el giro de sus dos ruedas sobre el terreno. Todos los elementos que componen el resto de la motocicleta están encaminados o bien a mantener al piloto sobre el vehículo, o a posibilitar que estas dos ruedas se mantengan en movimiento y en continuo contacto con el suelo. Aunque pueda parecer que las ruedas no tienen mucha importancia, son en realidad unos elementos absolutamente fundamentales en la estructura de la moto.

Las ruedas se componen de dos elementos, las llantas y los neumáticos, aunque en la mayoría de las ocasiones llevan anclado a ellas otros elementos como los frenos, elementos de transmisión o sistemas de medición.

La llanta es la parte rígida de la rueda, que se une al bastidor de modo fijo, mientras que el neumático es el elemento en contacto con el terreno, que posee características elásticas y dispone de una cierta capacidad de deformación para adaptarse a las superficies por donde transita la moto.



Fig. 5.9. Rueda trasera



Fig. 5.10. Rueda delantera



Los neumáticos son los elementos en contacto con el suelo. Son por tanto los encargados en último término de mantener la motocicleta en la dirección adecuada tanto durante la trayectoria recta como en la de las curvas. Este trabajo no es sencillo, ya que se hace necesario mantener la adherencia entre el terreno y el neumático en situaciones muy diferentes, tanto por el tipo de suelo como por las condiciones de humedad, temperatura y velocidad.

Los neumáticos están formados por una banda de caucho que se calza sobre el arco de la llanta. La sección del neumático se divide en varias zonas bien diferenciadas. La parte del neumático en contacto con el suelo se denomina banda de rodadura, la que se encarga de apoyarse en la llanta se denomina talón, mientras que la superficie lateral que une la banda de rodadura con el talón recibe el nombre de flanco u hombro.

A su vez el neumático interiormente tiene varias zonas, y una estructura interior bastante compleja. Está compuesto por una funda exterior de goma que forma la banda de rodadura y la cubierta del flanco y el talón. Este material debe tener un cierto espesor en la zona de contacto con el suelo, ya que el uso provoca un cierto desgaste, que poco a poco va disminuyendo el espesor de la banda. La banda de rodadura normalmente no es lisa, sino que dispone de unos ciertos canales que se emplean para evacuar el agua en caso de necesidad.

### 5.5. Los frenos

El sistema de frenos de una motocicleta es uno de los más importantes. La capacidad de detención del vehículo es imprescindible, hasta el punto de que una motocicleta jamás debe alcanzar una velocidad superior a la que le permitan sus frenos. La posibilidad de detenerse frente a un obstáculo en cualquier condición es imprescindible.

Entre los diferentes tipos de frenos destacamos los frenos de tambor y los frenos de disco.

Los frenos de tambor están compuestos por un cilindro exterior, denominado también, sobre el que se produce la fricción de dos superficies semicirculares llamadas zapatas. Estas zapatas están formadas por una base metálica que proporciona la adecuada rigidez y una cubierta denominada forro que es la que roza contra la superficie del tambor. Esta fricción se produce cuando una leva situada en uno de los extremos de la zapata gira, provocando a su vez el giro de las dos zapatas alrededor de su punto de anclaje. La leva es accionada a través de un eje pasante que a su vez se mueve por la acción de una palanca guiada por un cable desde el manillar. Todo el conjunto, a excepción del tambor que gira solidariamente con la rueda, está fijo en una placa llamada disco porta-zapatas, que se mantiene anclada a la suspensión o a otro elemento que sea solidario con la suspensión pero no gire con la rueda para impedir su giro. Las zapatas por su parte disponen de un muelle para que vuelvan a su posición inicial cuando los frenos no se accionen.

Los frenos de disco, al contrario que los de tambor, tienen un accionamiento totalmente externo, lo que redundará en la mejora de uno de los principales problemas de los sistemas anteriores, el sobrecalentamiento y la pérdida de rendimiento.

El freno de disco está formado por un disco metálico anclado a la rueda, alrededor del cual se coloca un elemento denominado pinza de freno. En el interior de esta se encuentran dos pastillas dotadas de un forro de fricción en la cara que toca con el disco de freno. Las pastillas son empujadas por la acción de unos cilindros metálicos denominados pistones, que a su vez lo son generalmente por acción de un sistema hidráulico o de un cable en contadas ocasiones.



Fig. 5.11. Disco de freno



Fig. 5.12. Pinza de freno

## 5.6. Transmisión

El transporte del movimiento desde el motor hasta la rueda trasera de la motocicleta requiere la utilización de diversos mecanismos en serie que forman un conjunto cuya denominación usual es la de transmisión o cadena cinemática.

En el caso de las mini-motos, el sistema de transmisión utilizado es la transmisión por cadena.

La transmisión por cadena es un engranaje, formado por dos ruedas y una cadena.

La cadena está formada por una serie de elementos iguales llamados eslabones. Cada eslabón está formado por una pareja de cilindros unidos de manera rígida por dos planchas. Los cilindros tienen el nombre de rodillos y las planchas se denominan placas. Para mantener la una distancia concreta llamada paso entre los rodillos, existen dos ejes, que son los encargados también de sujetar las placas de los eslabones, que se fijan sobre unos rodillos interiores.

La unión entre dos eslabones se efectúa por medio de una pareja de placas que pueden girar alrededor del eje de los rodillos, de manera que, aunque el movimiento de los planos que contiene al eje de los rodillos está impedido, no lo está en el transversal. De este modo la composición de eslabones y placas intermedias da lugar a un conjunto que puede ser tan largo como se desee, y que forma una línea cerrada al unirse el último eslabón con el primero.

La transmisión de movimiento se realiza insertando en el espacio libre que existen entre los rodillos un diente de una rueda dentada. El empuje de este elemento se transmite a través de las diferentes placas, empujando otro diente similar situado a la distancia adecuada. La única condición obligatoria es que los dos dientes se encuentran en el mismo plano, de modo que la cadena funcione siempre en línea recta.



Fig. 5.13. Detalle de la cadena



Fig. 5.14. Transmisión por cadena

The background features a light blue gradient. Two thin, dark blue lines intersect at a point in the upper right quadrant, forming a 'V' shape. A small, multi-layered blue circle is positioned at the vertex of this 'V'. In the bottom right corner, a large, multi-layered blue circle is partially visible, overlapping the edge of the frame.

# **SISTEMA MOTRIZ DE LA MINI-MOTO**





## 6. Normativa

Existen en el mercado determinados artículos denominados “MINIMOTOS” que consisten esencialmente en motos de pequeño tamaño y que, en algunos casos, son similares a motos destinadas a circulación viaria.

En base a la energía que utilizan para su funcionamiento, estas mini motos pueden ser eléctricas o bien de motor de combustión.

Ya que se trata de un tipo de vehículo especial, tenemos que considerar la siguiente normativa [12].

### 1º) Normativa general

La normativa aplicable en España a estos artículos es, con carácter general, la siguiente, independientemente de la que le resulte específicamente aplicable según la naturaleza de los mismos:

- *Real Decreto 1801/2003, de 26 de diciembre*, sobre seguridad general de los productos (transposición de la *Directiva 2001/95/CE*).
- *Real Decreto 1468/1988, de 2 de diciembre*, por el que se aprueba el Reglamento de etiquetado, presentación y publicidad de los productos industriales destinados a su venta directa a los consumidores y usuarios

### 2º) Normativa específica

Estos artículos, a efectos de su normativa específica aplicable, se clasificarán según su naturaleza de la siguiente manera:

#### A.- Mini-motos alimentadas con batería eléctrica

**A.1.** Aquellas destinadas a **circular por las vías públicas** a una velocidad máxima por construcción superior a 6 km/h, se asimilarán a **ciclomotores** si su potencia es  $\leq 4$  kw y a **motocicletas** si su potencia es  $> 4$  kw y deberán estar homologadas según la *Directiva 2002/24/CE, de 18-3-2002 (DOCE nº L 124)*.



**A.2.** Aquellas que **no están destinadas a circular por las vías públicas**, se consideraran según el uso previsible del mismo de la siguiente manera:

- **Juguetes**, si son destinados a ser utilizados con fines de juego por niños menores de 14 años.
- **Artículos con fines recreativos**, si son destinados a ser utilizados como deporte/ocio tanto por adultos como por niños.

**A.2.1.** Los **juguetes** deberán cumplir la siguiente normativa:

- · *Real Decreto 880/1990, de 29 de junio*, por el que se aprueban las normas de seguridad de los juguetes, (transposición de la *Directiva 88/378/CEE*).
- · *Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo*, por el que se establecen los procedimientos de evaluación de conformidad y los requisitos de protección relativos a la compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones (transposición de la *Directiva 89/336/CEE*).

Según la normativa mencionada estos artículos eléctricos deben ir alimentados con una tensión no superior a 24 voltios y la potencia útil de su motor no podrá superar los 250 w.

Este tipo de artículo, como cualquier otro juguete, debe estar provisto de marcado CE, y este debe figurar en el producto o en su etiquetado, según se establece en el Real Decreto 880/1990 (Directiva 88/378/CEE).

El fabricante o su representante deberá poseer para el juguete en cuestión un “dossier técnico de fabricación”, que facilitara a efectos de control, cuando le sea requerido.

Se señala, igualmente, que debe figurar, entre otros datos, las instrucciones de uso y montaje, así como las recomendaciones y advertencias de seguridad y su limitación de uso, todo ello en la lengua oficial del Estado.

Estos juguetes además de no poder usarse por la vía pública, en aquellos casos en que superen la velocidad de una persona andando (aproximadamente 6 Km/h) deberán informar al consumidor en su etiquetado que no pueden circular por las aceras y demás zonas peatonales.





**A.2.2.** A los **artículos con fines recreativos** les resulta de aplicación la siguiente normativa:

- *Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre*, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre maquinas.
- *Real Decreto 7/1988, de 8 de enero*, y modificaciones, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión (transposición de la Directiva 73/23/CEE).
- *Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo*, por el que se establecen los procedimientos de evaluación de conformidad y los requisitos de protección relativos a la compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones (transposición de la Directiva 89/336/CEE).

Conviene resaltar la obligación de que estos productos lleven marcado “CE” y de que figuren en castellano las instrucciones de uso y manejo así como las advertencias de seguridad necesarias y sus limitaciones de utilización.

En aplicación de la Directiva de maquinas, estos artículos deberán ir acompañados en su comercialización de una “declaración CE de conformidad”, mediante la cual el fabricante o su representante en la UE certifica la conformidad de la mini-moto con los requisitos esenciales de seguridad que debe cumplir en su condición de “maquina”.

Asimismo, el fabricante o su representante deberá poseer para la mini-moto en cuestión de una documentación técnica, que facilitara a efectos de control, cuando le sea requerido. Al tratarse de vehículos no homologados, deberán informar al consumidor en su etiquetado que deben ser utilizados fuera de cualquier vía pública y no podrán circular por las aceras y demás zonas peatonales.

Estos artículos no podrán venderse en jugueterías o en las secciones de juguetes de otros establecimientos y deberán indicar en su etiquetado claramente que no se trata de juguetes.



**B.- Mini-motos con motor de combustión** Este tipo de artículo en ningún caso se considera juguete.

**B.1. Si van a circular por las vías públicas** a una velocidad máxima por construcción superior a 6 Km/h., deberán estar homologadas según la Directiva 2002/24 bien como **ciclomotores** o bien como **motocicletas**, dependiendo de sus características técnicas.

**B.2. Si no están destinadas a circular por las vías públicas**, deberán cumplir los requisitos y documentación que se ha especificado para artículos con fines recreativos (apartado A.2.2) y la normativa aplicable será:

- *Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre*, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre maquinas.
- *Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo*, por el que se establecen los procedimientos de evaluación de conformidad y los requisitos de protección relativos a la compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones (transposición de la Directiva 89/336/CEE).

Como **CONCLUSIÓN** de lo anteriormente expuesto se informa que:

1º. Solo las mini-motos que puedan ser catalogadas como juguetes pueden ser comercializadas en los establecimientos especializados en juguetes o en los departamentos de juguetes de los establecimientos generalistas.

2º. En el etiquetado de todos estos productos (juguetes, ciclomotores o artículos con fines recreativos) tiene que figurar claramente la naturaleza del producto y las limitaciones de uso, para que puedan ser conocidos por el consumidor antes de su adquisición.



## 7. Diferentes componentes entre mini-moto eléctrica y de gasolina

A la hora de modificar nuestra mini-moto de gasolina tenemos que tener en cuenta cuales son los componentes nuevos que necesitamos y cuales nos sobran para conseguir la mini-moto eléctrica.

En primer lugar, sabemos que la diferencia principal será el tipo de motor, por lo que este será uno de los componentes que deberemos modificar. En el mercado existen muchos tipos de motores eléctricos, por lo que en apartados posteriores analizaremos cada uno de ellos para elegir el modelo que más convenga a nuestras necesidades.

Por otro lado, ya no serán necesarios los elementos que derivan del uso del motor de gasolina, como por ejemplo el escape. Estos elementos los eliminaremos de forma que tengamos mayor espacio para colocar los nuevos componentes.

En el caso del motor eléctrico, vamos a necesitar una batería para poder almacenar la energía generada. Este componente también será analizado posteriormente, ya que es uno de los principales problemas que nos encontramos a la hora del uso de la mini-moto. Algunos de estos problemas pueden ser el peso y el tamaño de las baterías, la recarga de las mismas o su capacidad y economía. En la actualidad se están realizando numerosos estudios para poder paliar estos problemas, que hacen que los vehículos eléctricos aun no sean competitivos con respecto a los vehículos de gasolina.

Otro componente que necesitamos para la nueva mini-moto será un controlador de velocidad, para poder variar la velocidad de giro del motor y así conseguir diferentes velocidades de la mini-moto.

Uno de las cosas a tener en cuenta es que el motor funciona con corriente alterna y las baterías con corriente continua. Por otro parte, la electricidad obtenida de la red eléctrica también se obtiene en corriente alterna. Por ese motivo necesitaremos convertidores de corriente, para poder pasar de AC a DC al cargar la batería y de DC a AC al transmitir la corriente al motor.

Para poder utilizar la batería necesitamos un cargador, y para poder activar la transmisión de energía necesitamos un interruptor de alta tensión.

Por otro lado necesitamos un fusible de alta tensión, que se encargará de limitar la cantidad de energía generada en caso de cortocircuito o fallo.

Para conocer la corriente y el voltaje necesitaremos un instrumento que mida estos parámetros en tiempo real. Para ello instalaremos un monitor que nos indique los parámetros de las baterías.

## 8. Ventajas e inconvenientes de los motores eléctricos frente a los motores de gasolina en vehículos

[2] Sin duda las ventajas de un motor eléctrico frente a un motor de combustión son muchas y si no se utilizan mayoritariamente en toda clase de vehículos es por un problema de almacenamiento de energía (por la tecnología de las baterías). Las ventajas que podemos encontrar son:

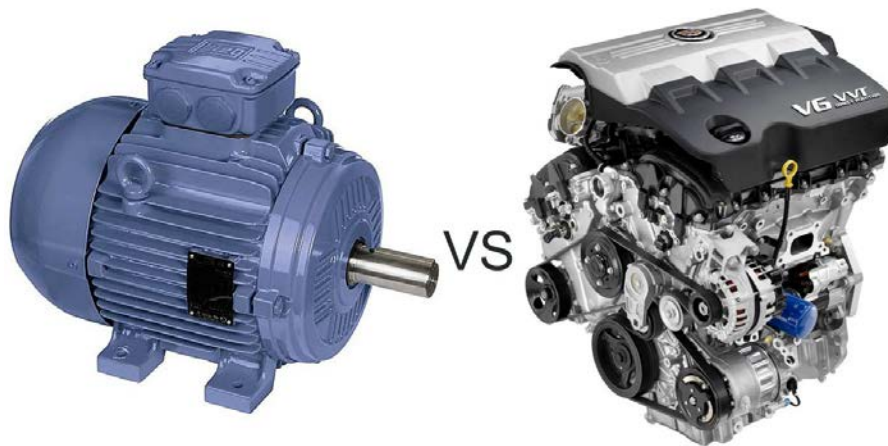


Fig. 8.1. Motor eléctrico y gasolina

1. *El tamaño y el peso.* En un motor eléctrico es significativamente más reducido el tamaño y el peso si lo comparamos con un motor de combustión. Teniendo en cuenta que los dos motores tengan la misma potencia.
2. *Par de giro.* En un motor eléctrico es más elevado y casi constante.
3. *Economía.* Un motor eléctrico es mucho más barato que otro motor de combustión de igual potencia. Además, el ahorro económico es significativamente mayor en un motor eléctrico. Los costes de combustible para el motor eléctrico son aproximadamente el 10% de los costes para el motor de gasolina.
4. *Ecológico.* Es cierto que una mini-moto eléctrica no resulta ser el vehículo ideal en términos ecológicos. Solamente contando con la batería nos damos cuenta que es contaminante. Además, el 80% de la energía eléctrica que se produce en España no está producida con renovables. Aún así, siempre es más ecológico una mini-moto eléctrica que cualquier otro vehículo de gasolina, simplemente por las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, el gasto de electricidad es muy bajo, llegando a niveles inimaginables hoy en día con un motor de combustión.



## Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

**5. Acústica.** Los decibelios generados por un motor eléctrico son muy inferiores a los decibelios generados por un motor de combustión.

**6. Comodidad de recarga.** La batería de una mini-moto eléctrica se puede recargar en el garaje de tu casa, sin necesidad de desplazarte, mientras que la recarga de combustible en una mini-moto de gasolina debe realizarse en la gasolinera.

**7. Mantenimiento.** Los gastos en mantenimiento de una mini-moto eléctrica son reducidos y económicos. Por ejemplo, en una mini-moto eléctrica no será necesario realizar un cambio de aceite.

Por otro lado, también podemos encontrar algunos inconvenientes:

**1. Gastos iniciales mayores.** El precio de una mini-moto eléctrica es más elevado que el de una mini-moto de gasolina.

**2. Autonomía.** Una mini-moto de gasolina tiene mucha más autonomía que una mini-moto eléctrica. Este es uno de los inconvenientes más importantes a la hora de comparar un vehículo eléctrico con uno de gasolina. Este problema se está intentando solucionar mejorando la tecnología de las baterías, pero aun no se ha hallado una solución válida.

**3. Tiempo de repostaje.** El repostaje en una mini-moto de gasolina puede durar unos minutos, mientras que para recargar completamente una batería de una mini-moto eléctrica se necesitaría como mínimo una hora.

**4. Velocidad máxima alcanzada.** La velocidad máxima que puede conseguir una mini-moto eléctrica es menor que una mini-moto de gasolina.

**5. Facilidad de recarga.** En la actualidad, aun no podemos encontrar fácilmente un lugar público donde poder recargar nuestro vehículo eléctrico. Sin embargo hay multitud de gasolineras.

## 9. Tipos de motores eléctricos

[3] Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes.

Los distintos tipos de motores eléctricos aplicables a la tracción de los vehículos eléctricos se pueden ver en el siguiente organigrama:

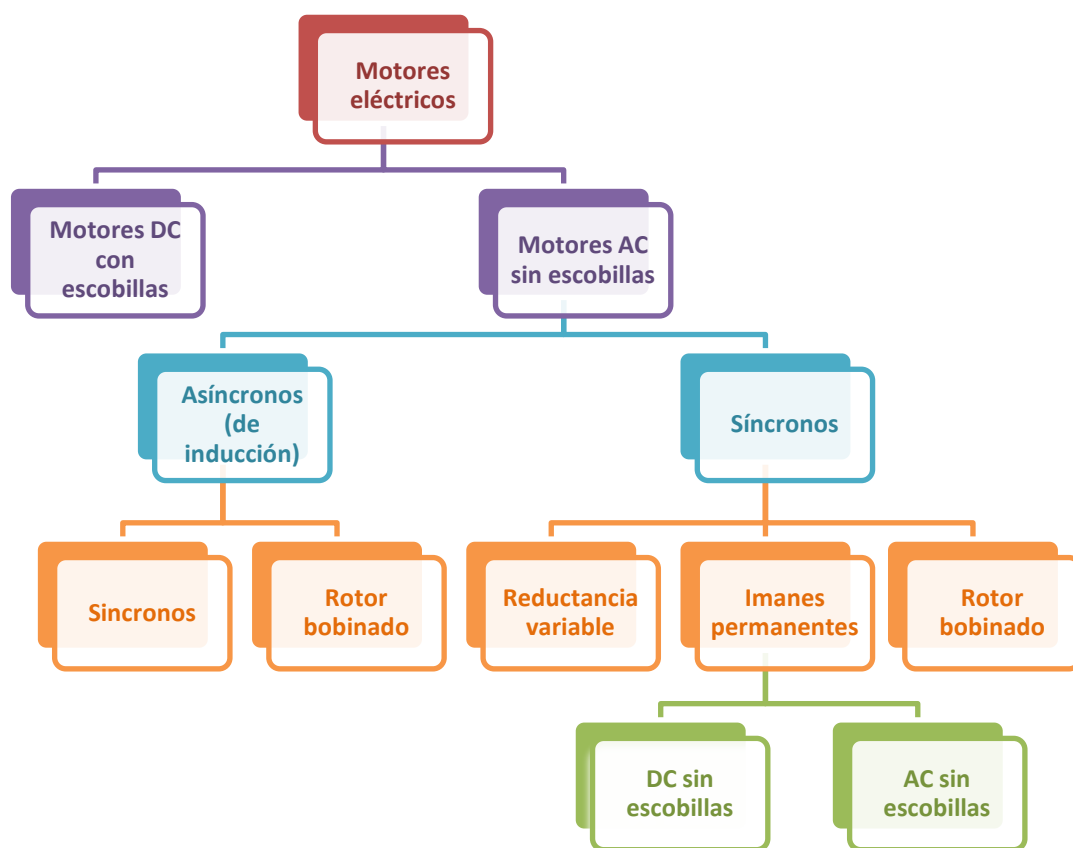


Fig. 9.1. Tipos de motores

Todos los motores de corriente continua así como los síncronos de corriente alterna incluidos en la clasificación anterior tienen una utilización y unas aplicaciones muy específicas.

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo coste de fabricación.

En el caso específico de los vehículos eléctricos, los motores con escobillas no son aptos para ser utilizados, por motivos de fiabilidad y mantenimiento. En cuanto a los de corriente alterna, han desplazado a los de continua, por su mejor rendimiento y más fácil mantenimiento.

Por lo tanto se pueden utilizar tanto los síncronos como los asíncronos de corriente alterna, todos ellos sin escobillas.

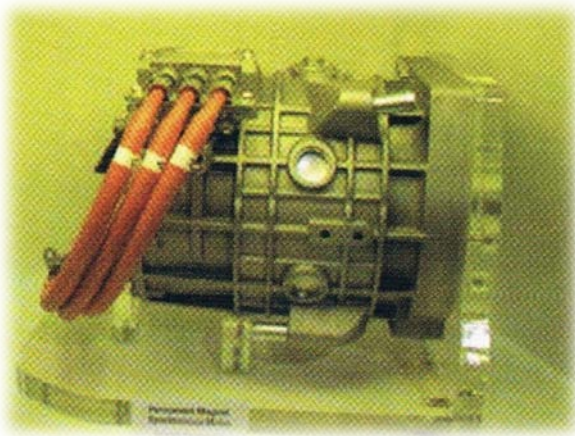


Fig. 9.2. Motor síncrono sin escobillas

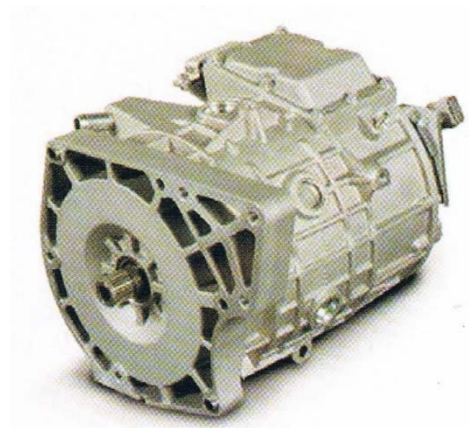


Fig. 9.3. Motor asíncrono sin escobillas

Las ventajas, en especial el coste, que presentan los asíncronos hacen que sean los que más se utilizan en este tipo de vehículos, aunque también se usan los de reluctancia variable y los de imanes permanentes.

Hoy en día existen muchas y muy variadas factorías de motores eléctricos pero el impacto de tener que fabricarlos para vehículos eléctricos será grande por sus distintas tecnologías y por el volumen que será necesario producir.



## 10. Tipos de motores eléctricos utilizados en mini-motos en la actualidad

En la actualidad, el motor utilizado en una mini-moto eléctrica suele ser un motor eléctrico de corriente continua. Este motor eléctrico está alimentado por una batería.

En las mini-motos eléctricas se montan en la actualidad dos tipos de motores. Los motores de corriente continua con escobillas y los motores BRUSHLESS (más modernos). Lo que diferencia al motor brushless del motor de escobillas es precisamente que el motor brushless no utiliza escobillas para hacer el cambio de polaridad en su rotor. Normalmente el motor brushless es el motor que se monta en las mini-motos eléctricas comercializadas.



Fig. 10.1. Motor Brushless

Los motores eléctricos con escobillas necesitan un cambio de escobillas a los 15.000 km aproximadamente, este dato no es muy relevante porque siempre se estropeará algún otro componente de la mini-moto eléctrica antes de tener la necesidad de cambiar las escobillas del motor.

La principal diferencia es la potencia de arranque. El motor eléctrico con escobillas tiene algo más de potencia de arranque que otro motor de tipo brushless de similares características técnicas.

Además, el motor eléctrico con escobillas necesita una conexión de 2 cables, mientras que el motor brushless necesita como mínimo 3 cables para su conexión. Otra diferencia importante, es que el rendimiento de un motor brushless es del 80% frente al 75% de rendimiento de un motor eléctrico con escobillas.

### 10.1. Potencia de los motores para mini-motos eléctricas

Hoy en día, nos podemos encontrar en el mercado de las mini- motos eléctricas motores con una potencia que varía de 180w a 250w. El máximo permitido por la legislación en España es de 250w. Pero este dato es engañoso, porque nos referimos de 180w y 250w de potencia nominal, en el arranque del motor se pueden llegar a picos de potencia máxima de casi el doble. Por este motivo, la bicicleta lleva un controlador para disminuir o aumentar la alimentación del motor y de esta manera controlar su potencia de arranque.





### 10.2. Tensión de los motores para mini-motos eléctricas

Los motores eléctricos de una mini-moto eléctrica pueden ir alimentados con una batería de 24v o de una batería de 36v. Las mini-motos eléctricas con un motor de 250w pueden ir alimentadas por las dos tensiones (24v y 36v) dependerá si la mini-moto eléctrica está diseñada para terrenos elevados o para terrenos más llanos. Lo recomendable es elegir para circular por terrenos elevados mini-motos eléctricas que lleven incorporado un motor de 250w y 36v de alimentación o batería.

### 10.3. Autonomía de las mini-motos eléctricas

Igualmente, la tensión de la batería nos indica la autonomía de la mini-moto eléctrica. Una mini-moto eléctrica con batería de 24v nos indica que tiene una autonomía de 30 km aproximadamente. Mientras que una mini-moto eléctrica con batería de 36v nos indica una autonomía de unos 45 km aproximadamente.

### 10.4. Velocidad de las mini-motos eléctricas

La velocidad que puede tener una mini-moto eléctrica de 250w es de 28 km/h. La velocidad máxima siempre dependerá del motor, del peso total de la mini-moto y del peso del conductor, además del terreno por el que se circula. Según la legislación vigente, 28Km/h es la velocidad máxima permitida, pero de momento nadie controla este factor.



## 11. El motor Brushless

### 11.1. Introducción

Un motor eléctrico sin escobillas o motor brushless es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor [11].

Los motores eléctricos solían tener un colector de delgas o un par de anillos rodantes. Estos sistemas, que producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor y ruido, requieren mucho mantenimiento y pueden producir partículas de carbón que manchan el motor de un polvo que, además, puede ser conductor.

Los primeros motores sin escobillas fueron los motores de corriente alterna asíncronos. Hoy en día, gracias a la electrónica, se muestran muy ventajosos, ya que son más baratos de fabricar, pesan menos y requieren menos mantenimiento, pero su control era mucho más complejo. Esta complejidad prácticamente se ha eliminado con los controles electrónicos.

El inversor debe convertir la corriente alterna en corriente continua, y otra vez en alterna de otra frecuencia. Otras veces se puede alimentar directamente con corriente continua, eliminando el primer paso. Por este motivo, estos motores de corriente alterna se pueden usar en aplicaciones de corriente continua, con un rendimiento mucho mayor que un motor de corriente continua con escobillas. Algunas aplicaciones serían los coches y aviones con radio control, que funcionan con pilas.

Otros motores sin escobillas, que solo funcionan con corriente continua son los que se usan en pequeños aparatos eléctricos de baja potencia, como lectores de CDROM, ventiladores de ordenador, cassetes, etc. Su mecanismo se basa en sustituir la conmutación (cambio de polaridad) mecánica por otra electrónica sin contacto. En este caso, la espira solo es impulsada cuando el polo es el correcto, y cuando no lo es, el sistema electrónico corta el suministro de corriente. Para detectar la posición de la espira del rotor se utiliza la detección de un campo magnético. Este sistema electrónico, además, puede informar de la velocidad de giro, o si está parado, e incluso cortar la corriente si se detiene para que no se queme. Tienen la desventaja de que no giran al revés al cambiarles la polaridad (+ y -). Para hacer el cambio se deberían cruzar dos conductores del sistema electrónico.

Un sistema algo parecido, para evitar este rozamiento en los anillos, se usa en los alternadores. En este caso no se evita el uso de anillos rodantes, sino que se evita usar uno más robusto y que frenaría mucho el motor. Actualmente, los alternadores tienen el campo magnético inductor en el rotor, que induce el campo magnético al estator, que a la vez es inducido. Como el campo magnético del inductor necesita mucha menos corriente que la que se va a generar en el inducido, se necesitan unos anillos con un rozamiento menor. Esta configuración la usan desde pequeños alternadores de coche hasta los generadores de centrales con potencias del orden del megavatio.

Estos motores trabajan gracias a los variadores de velocidad (speed control), que transforman la corriente continua de las baterías en una tensión alterna trifásica.

Se puede invertir el sentido de rotación fácilmente con solo invertir entre sí dos de los tres cables que unen al speed con el motor.

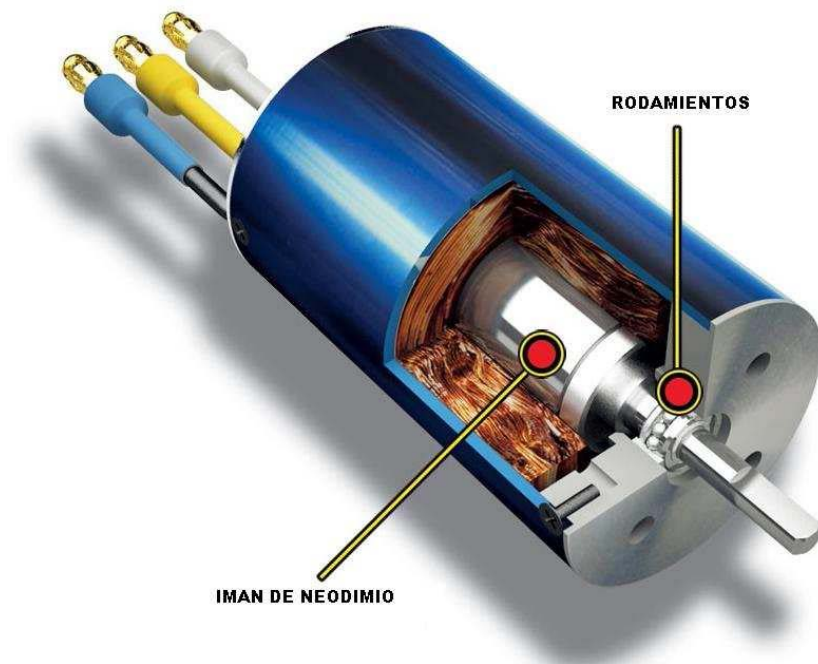


Fig. 11.1. Corte de un motor Brushless

## 11.2. Principio de funcionamiento

En un motor de corriente continua con escobillas, se obtiene par motor gracias a la interacción del campo magnético inductor, estacionario, y la intensidad del arrollamiento inducido giratorio. Campo y corriente eléctrica se mantienen siempre en la misma posición relativa gracias al mecanismo de conmutación formado por el colector de delgas y las escobillas. En motores de pequeña potencia suele obtenerse la excitación mediante imanes permanentes. En este caso, solo se dispone de dos terminales para el control y la alimentación del motor. Las relaciones básicas electromecánicas son en este caso las siguientes:

$$T_m = K \cdot i$$

$$E = K \cdot \omega$$

Siendo,  $T_m$ : Par motor;  $i$ : intensidad de inducido;  $E$ : tensión inducida;  $\omega$ : velocidad angular.

El hecho de tener control directo sobre el par mediante la intensidad de inducido, y sobre la velocidad a través de la tensión, convierte a este motor en el modelo de referencia para la regulación de velocidad. No obstante, la alimentación del inducido a través de las escobillas y el colector presenta muchos inconvenientes, hasta el punto que en algunos casos se hace inviable su utilización.

El motor que nos ocupa es similar al de corriente continua con escobillas, con las siguientes salvedades: a) la conmutación se realiza de forma electrónica en lugar de mecánica; b) los imanes permanentes van alojados en el rotor en lugar de en el estator y c) las bobinas van alojadas en el estator, constituyendo un devanado monofásico o polifásico.

Su funcionamiento se basa en la alimentación secuencial de cada una de las fases del estator de forma sincronizada con el movimiento del rotor. De esta forma, los imanes permanentes siguen el movimiento del campo magnético estático, cuyo desplazamiento depende a su vez del giro del rotor.

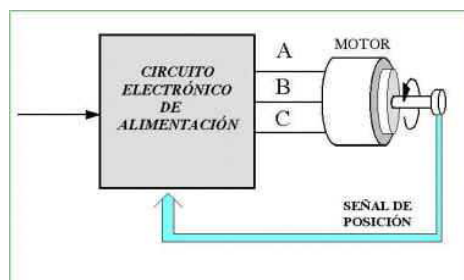


Fig. 11.2. Esquema de funcionamiento motor Brushless

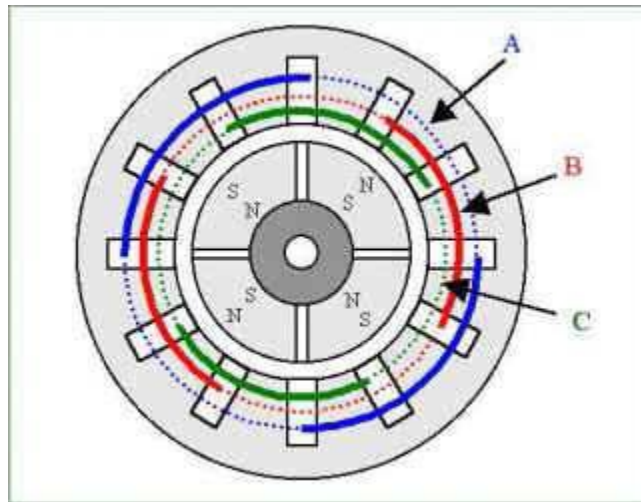


Fig. 11.3. Funcionamiento motor Brushless

La figura muestra la configuración mas empleada de la etapa de potencia. Se compone de seis transistores de potencia MOSFETs o IGBTs, dependiendo de la tensión de alimentación. Para la regulación de velocidad se emplea la técnica PWM con portadora de alta frecuencia.



## 12. Baterías para un vehículo eléctrico [6], [2]

### 12.1. Fundamentos

Las baterías de ión-litio han demostrado grandes ventajas que permiten pensar en su uso, no solo para teléfonos móviles, ordenadores personales y otros aparatos de consumo como hasta ahora, sino también en alimentar vehículos eléctricos. Mencionemos que pueden soportar numerosos ciclos de carga, del orden de un millar al menos, que no tienen prácticamente efecto memoria y que su impacto medioambiental es bajo; al reciclarlos, el litio puede aprovecharse en gran parte o totalmente.

Por el contrario, también tienen inconvenientes, entre los principales su gran peso y su mayor coste.

¿Por qué se utiliza el litio? Observando la tabla periódica de los elementos se aprecia que se trata del metal más ligero, posee el mayor potencial electroquímico y representa el mayor contenedor de energía, por lo que se puede conseguir más capacidad en menos espacio y con menor peso.

En estas baterías los iones de litio pasan de un electrodo de grafito a otro de fosfato de hierro-litio pasando en medio de un electrolito no líquido que los transporta. Los electrones, sin embargo, pasan de un electrodo a otro a través de un circuito, donde realizan el trabajo útil, es decir producen una corriente eléctrica que es la que se utiliza para mover el motor. Al recargar la batería los iones de litio y los electrones circulan en sentido opuesto.

El tiempo que se necesita para cargar o descargar la batería depende de la velocidad con la que se transmiten los iones de litio entre los electrodos.

Se ha comprobado que las baterías de ion litio pueden tener problemas de funcionamiento a altas temperaturas y que existe un riesgo de calentamiento en determinadas condiciones. Esto ha obligado a los fabricantes a tomar muy en serio estos riesgos, ya que no son asumibles en un vehículo. Por eso, las baterías para este uso tienen, tanto dispositivos de control para cada modulo de baterías e incluso para cada pila conectados a una centralita, para permitir aislarlos en caso necesario, como circuitos de refrigeración en la mayoría de los casos.

Uno de los temas más importantes de estas nuevas baterías de ion litio es que son mucho más ecológicas, ya que se pueden reciclar sus componentes al final de su vida. El litio es el metal más ligero de la naturaleza y que además permite su reciclaje. Así, al final de la vida de las baterías, el litio se puede utilizar para otras aplicaciones.

## 12.2. Desarrollo

En el tema de las baterías, todos los días estamos recibiendo noticias del avance en su investigación. Nuevos materiales, tanto para los electrodos como para los separadores, que mejoran las prestaciones de las ya existentes: además del litio se estudian otros metales, como Cobalto y Manganeso y en diversas formas como óxidos, fosfatos y polímeros. Por otro lado, las vías de investigación conducen a otros caminos de desarrollo de baterías más eficaces, como es el caso del empleo de la nanotecnología.

Un tema que puede pensarse problemático es la cantidad de litio existente en el planeta, su localización y el precio, que por cierto se ha multiplicado desde 350 dólares la tonelada en el año 2003 hasta 3.000 dólares en la actualidad, desde que se piensa en su aprovechamiento para baterías de coche. La mayor parte de las reservas actuales están en Sudamérica: Bolivia tiene el riquísimo Salar de Uyuni, el desierto salado más alto del mundo que contiene 5,4 millones de toneladas de litio, casi la mitad de las reservas mundiales de litio conocidas actualmente.

China y otros países asiáticos ya están explotando yacimientos de litio desde hace tiempo. Pero hay que tener en cuenta dos factores: primero que la investigación y búsqueda de yacimientos de litio no ha preocupado excesivamente hasta ahora y se supone que se desarrollara cuando interés; y segundo que el litio es reciclable, por lo que se puede aprovechar después del final de la vida de una batería.



Fig. 12.1. Baterías para vehículos eléctricos





### 12.3. Recarga

Ya en la actualidad se anuncian tiempos de recarga de baterías muy diferentes; aunque la mayoría anuncian 8 horas de carga normal (lenta), algunos fabricantes dicen que su tiempo de recarga es de 6, 5 e incluso 2 horas y media, para la capacidad total de la batería. Todos ellos prácticamente anuncian que el 80% de la capacidad puede realizarse, mediante una carga rápida, en 30 minutos (20 en algún caso).

La carga normal, o lenta, se realiza, con una corriente eléctrica de 220 voltios, a razón de unos 3,5 hasta 6 kwh, mientras que para una carga rápida son necesarios unos 40 ó 50 kwh a 380 voltios. Esto quiere decir que la carga normal puede llevarse a cabo en cualquier enchufe domestico, mientras que la carga rápida tiene que realizarse en aparatos de carga especiales, los cuales requieren una alimentación eléctrica disponible únicamente en instalaciones al efecto y además con unos estrictos sistemas de seguridad. Teóricamente es posible la recarga en tiempo menores, pero en la práctica es totalmente desaconsejable, por problemas de impacto en la alimentación de corriente, porque serian necesarios conductores muy especiales y por posibles problemas de seguridad.

### 12.4. Duración

La vida de las baterías de ion litio actualmente es larga, según anuncian los fabricantes. La mayoría de los fabricantes de coches la estima en un periodo similar al a vida de un coche de los van a poner en el mercado, es decir, en número redondos unos 1.000 ciclos o 100.000 km si la autonomía es de 100 km. Estas cifras no son exactas, pues dependen de la forma de circular el coche y de cuando se realicen las cargas. Lo ideal es no dejar que la carga de la batería baje del 20 % y cargarla hasta un 80%; esto no quiere decir que haya que seguir necesariamente este criterio y mucho menos en todas las cargas. El hecho de realizar cargas rápidas no supone un acortamiento de la vida de la batería, según la mayoría de los expertos, aunque eso no quiere decir que sea recomendable cargar siempre por este procedimiento.

## 13. Tipos de baterías en motos eléctricas

### 13.1. Baterías de Plomo con ácido.

Son las baterías de los vehículos por excelencia. Todos los automóviles llevan una, de momento.

El depósito estanco esta relleno de ácido sulfúrico que bañan una serie de placas. Las placas positivas se encuentran recubiertas por dióxido de plomo y las placas negativas están recubiertas de plomo.

Cada celda tiene 2v de tensión.

Son las baterías más económicas del mercado, pero también son las más pesadas y las más contaminantes. Sobre la duración de la batería depende mucho del fabricante y del uso que se haga de la batería. Las baterías de plomo utilizadas en las bicicletas eléctricas suelen durar de 2 a 3 años.

Cada vez se utilizan menos en el mundo de la bicicleta eléctrica, no así en otros vehículos eléctricos, como los scooter eléctricos que si las utilizan mayoritariamente.

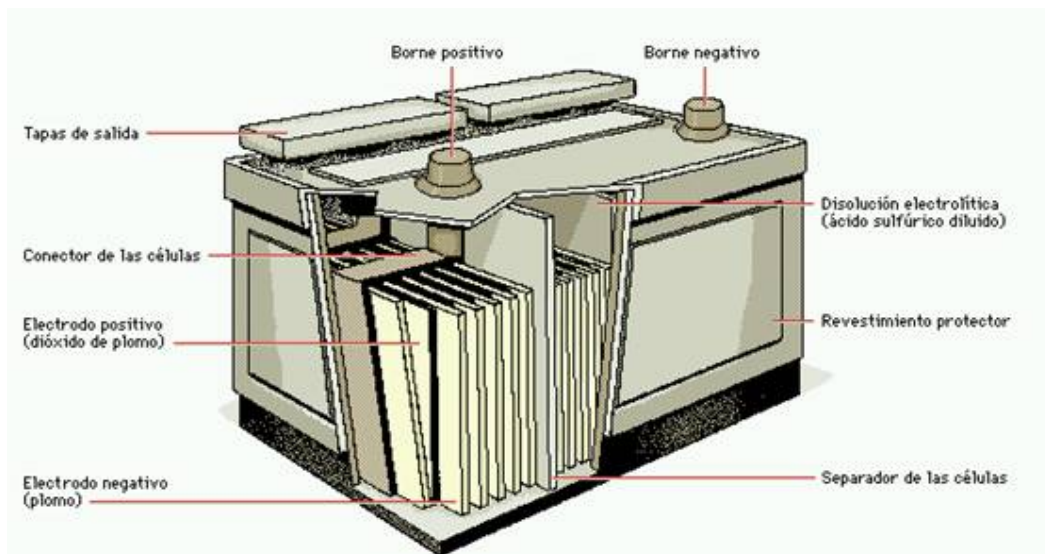


Fig. 13.1. Batería de plomo con ácido

### 13.2. Baterías de níquel e hidruro metálico.

Estas baterías han desbancado a las baterías de níquel cadmio, la causa es el efecto memoria que tienen las baterías de níquel cadmio y al propio material de cadmio que es muy contaminante. Las baterías de níquel e hidruro metálico son las utilizadas en los pocos automóviles eléctricos que circulan por diversos países, como pueden ser los Honda, Toyota, etc. También son utilizadas en las scooter eléctricas.

El efecto memoria de las baterías de níquel e hidruro metálico es mínimo, pero tienen el problema del sobrecalentamiento de la propia batería si se utiliza durante un largo periodo de tiempo. También se sobrecalientan cuando se están cargando. Las celdas de estas baterías pueden dar 1,2v de tensión. El ánodo de la batería está compuesto por hidróxido de níquel y el cátodo por hidruro metálico. Con temperaturas extremas bajas se deterioran. Referente al mundo de la bicicleta eléctrica, las utilizan algunos fabricantes norteamericanos. En Europa y Japón es extraño encontrarlas en las bicicletas eléctricas de los fabricantes de estos países.

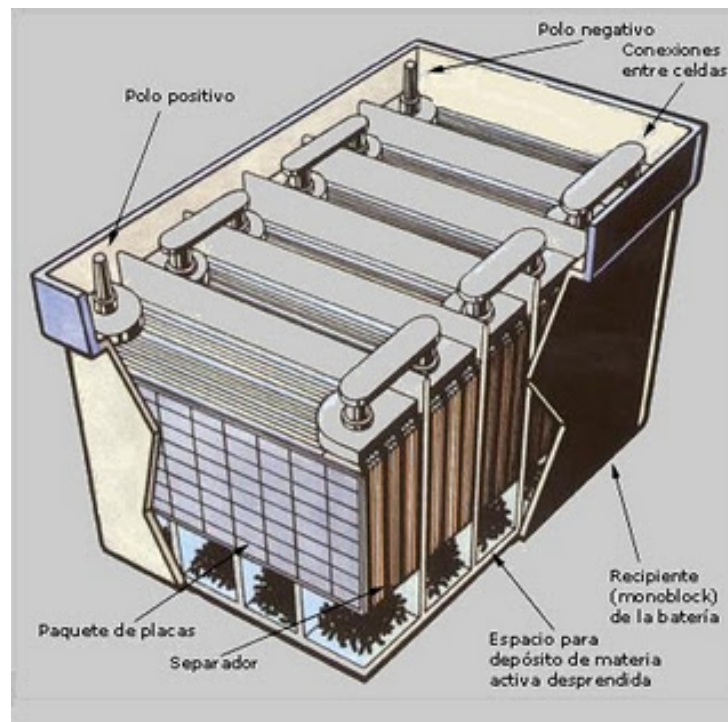


Fig. 13.2. Batería de níquel e hidruro metálico



### 13.3. Baterías de Ion de Litio.

O también batería Li-Ion. Actualmente son las más utilizadas por los fabricantes de bicicletas eléctricas, sobretodo, en Europa y Japón. De hecho, las baterías de Panasonic son de Ion de Litio, estas baterías de Panasonic han tenido una gran aceptación por parte de los fabricantes de bicicletas eléctricas. Prácticamente las baterías de Ion de Litio son la última tecnología, aún se sigue desarrollando en diversas investigaciones con la intención de hacerlas funcionar en otros tipos de vehículos. Hoy por hoy, son muy utilizadas en la electrónica de consumo, en las bicicletas eléctricas y en herramientas portátiles.

Las baterías de Ion de Litio son más pequeñas y pesan bastante menos que cualquier otro tipo de batería, con igual carga eléctrica. No tienen efecto memoria. La descarga es lineal, lo que hace más fácil conocer el voltaje real de la batería y no necesita circuitos reguladores. Tienen una larga vida en los vehículos. La tasa de auto-descarga es muy baja, es decir, si no la utilizamos la auto-descarga es de menos del 5% de la carga total, este factor depende de la calidad del fabricante. Mientras que en una batería de plomo la tasa de auto-descarga puede llegar a ser del 30% y, en una batería de NI-MH del 20%.

Como inconvenientes diremos que todavía son demasiado caras con respecto a las demás tecnologías en baterías, aunque su precio cada vez se reduce más debido al gran uso que se está llevando a cabo. Las baterías de Ion de Litio, en condiciones de trabajo a temperaturas extremadamente bajas, tienen un menor rendimiento que las baterías de níquel cadmio (Ni-Cad) y las baterías de níquel e metal hidruro (Ni-MH). Además, las baterías de Ion de Litio tienen un problema de explosión. Debido al uso con temperaturas altas y sumándole el sobrecalentamiento, necesitan circuitos electrónicos para controlar la batería en todo momento. Esta es una desventaja, pero no debe preocuparnos porque gracias a los circuitos de seguridad el posible riesgo de explosión queda totalmente anulado. Además, es una nueva tecnología que se continua investigando y estas desventajas ya han sido superadas como veremos a continuación con las nuevas baterías de Litio.

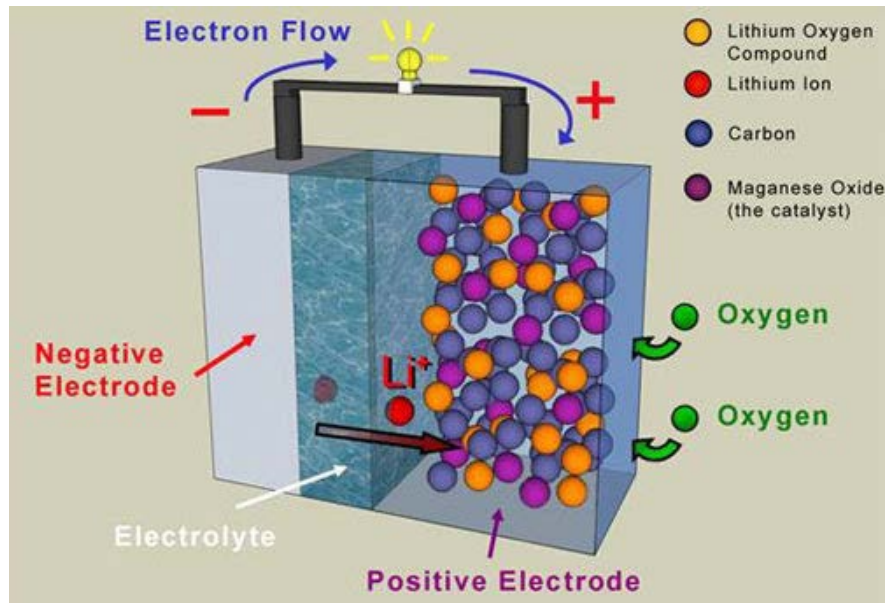



Fig. 13.3. Batería de Ion de litio

#### 13.4. Nuevas baterías de litio

Las investigaciones en las baterías de Ion de Litio han dado su fruto en forma de nuevas baterías de Litio de polímero (LiPo) y de batería de Litio Ferroso (Li Fe). Tanto la batería de Litio de Polímero (Li Po) como la batería de Litio Ferroso (Li Fe) no tienen el problema de riesgo de explosión, tienen una mejor tasa de auto-descarga y tienen una mayor vida útil.

The background features a light gray gradient. A thin blue line starts from the top left corner and extends diagonally towards the center. Another thin blue line starts from the right edge and extends diagonally towards the bottom right. There are two sets of concentric circles in shades of blue. One set is located in the upper right quadrant, and the other is in the bottom right corner, partially cut off by the edge. The text is centered in the middle of the page in a bold, blue, sans-serif font.

# **ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA MOTRIZ**

## 14. Datos básicos de la mini-moto a estudiar

La moto elegida para el estudio del proyecto es una mini-moto de Cross Modelo Off Road Eco.



Fig. 14.1. Mini-moto de estudio



Las características básicas de la moto de gasolina elegida se pueden encontrar en la siguiente tabla:

Tabla 14.1. Características del motor

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Motor</b>                | 49cc, 2 tiempos                                 |
| <b>Peso Total</b>           | 20 Kg (12 kg sin motor)                         |
| <b>Autonomía</b>            | 2h aproximadamente                              |
| <b>Velocidad Máxima</b>     | La velocidad máxima aprox. 60 km/h              |
| <b>Capacidad de Carga</b>   | Máximo 60 Kg                                    |
| <b>Tipo de Ruedas</b>       | 2,5 x 8"  |
| <b>Tamaño</b>               | 1190 x 280 x 740 cm                             |
| <b>Distancia entre ejes</b> | 745 mm  |
| <b>Capacidad del tanque</b> | 2 litros  |
| <b>Altura del asiento</b>   | 520 mm  |
| <b>Tipo de arranque</b>     | Manual  |
| <b>Potencia</b>             | 4 CV  |
| <b>Amortiguación (d/t)</b>  | Horquilla telescópica / Mono shock              |
| <b>Tipo de combustible</b>  | Mezcla gasolina-aceite (aceite sintético al 2%) |
| <b>Precio</b>               | 175 €   |

## 15. Elección del motor eléctrico que colocaremos en nuestra mini-moto [15]

Según la normativa, la cual la podemos consultar en el apartado 6 de este proyecto (apartado A.2.1. de la normativa), el motor deberá ser como máximo de 250 w, y según el apartado anterior, el mejor tipo de motor para vehículos eléctricos es el de corriente alterna sin escobillas (tipo Brushless). Teniendo en cuenta estos requisitos vamos a realizar la elección motor.

El fabricante de motor elegido para colocar en la mini-moto será Dunkermotoren. He elegido este fabricante porque diseña motores específicos para vehículos eléctricos.

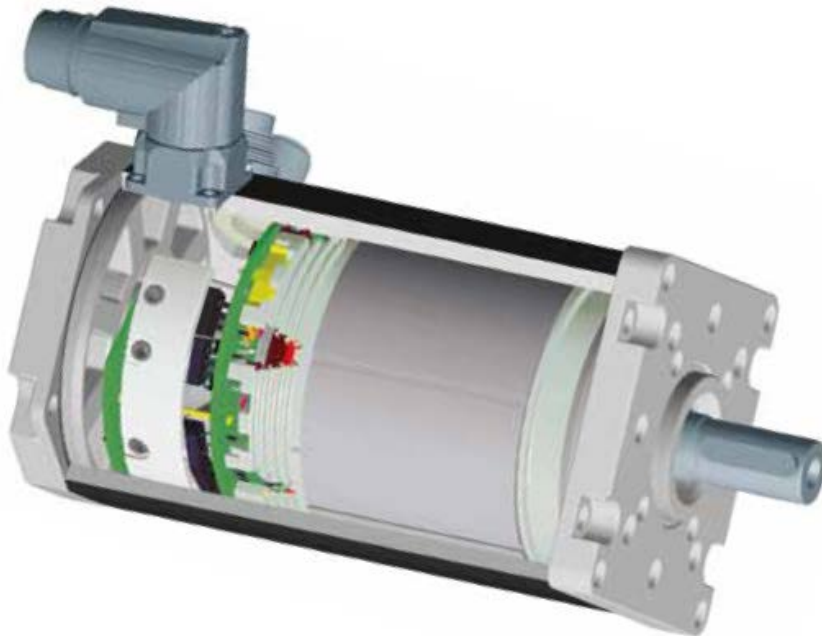


Fig. 15.1. Detalle interior motor Brushless

Entre sus motores Brushless, el que más nos conviene en función de los requisitos es el BF75 SI de 450w y 220V. He elegido una potencia superior a la de la normativa ya que la especificada en la normativa es una potencia media, pero en el arranque, por ejemplo, esta potencia podría llegar a ser de incluso el doble.



Fig. 15.2. Motor Brushless elegido

De este modo, las características del motor elegido serán las siguientes:

- Tensión nominal: 24V
- Velocidad nominal: 3.900 rpm
- Par nominal: 61 Ncm
- Corriente: 12,2 A
- Par de arranque: 195 Ncm
- Pico de corriente: 50 A
- Inercia del rotor:  $240 \text{ gcm}^2$
- Peso del motor: 1,6 kg



## 16. Elección de la batería para la mini-moto

[16] Una vez realizado el anterior análisis, estamos en condiciones de elegir el tipo de batería más adecuado para un vehículo eléctrico. Las características que buscamos son:

- Alta densidad de energía y alta energía específica para conseguir sistemas de dimensiones más reducidas y de menor peso.
- Alta eficiencia energética.
- Baja razón de auto-descarga, para minimizar las pérdidas.
- Larga vida útil, para compensar los costes iniciales.
- Independencia de las condiciones ambientales, que posibiliten un buen comportamiento ante variaciones climáticas extremas.
- Diseño robusto preparado para resistir sobrecargas eléctricas, vibraciones, golpes, etc.
- Diseño respetuoso con el medio ambiente.
- Bajo mantenimiento para reducir costes.
- Bajo coste.

Ninguna batería por sí sola reúne todos estos factores, por lo que a la hora de elegir se van a descartar las que por sus características no se ajusten a los factores deseables, y elegiremos la que ofrezca mejores prestaciones en conjunto.

En primer lugar, descartamos los condensadores de alta capacidad debido a que es una tecnología que aún no se encuentra madura para nuestro cometido, ni resulta económica. Por otra parte, como ya vimos, las baterías de Níquel-Cadmio y las de Níquel-Hidruro metálico llevan asociadas el inconveniente del efecto memoria, por lo que también se descartarán, al no poder ofrecernos sus condiciones óptimas de funcionamiento. Por tanto, vemos el abanico de posibilidades reducido a las baterías de ácido de plomo y a las de ión-Litio. Las de plomo, las vamos a descartar debido a su baja energía específica y a que no son aceptables para un número elevado de ciclos de carga, con descargas profundas, por lo que, en consecuencia, optamos por las baterías de litio, como mejor opción para vehículos eléctricos.

Por normativa, la capacidad máxima de la batería para una mini-moto es de 24 V. (Este dato se puede consultar en el apartado 6 de este proyecto, en concreto, en el apartado A.2.1.) Por este motivo, y atendiendo a las características anteriores, hemos elegido la batería CSB EVX12120, 12V AH cíclica. Ya que el espacio para colocar la batería en la mini-moto es reducido, hemos colocado dos baterías de 12 V en lugar de 1 de 24 V, ya que es más fácil su colocación.



Fig. 16.1. Batería elegida

A continuación aparece una tabla con sus principales características técnicas:

- Número de celdas: 6
- Tensión por unidad de 12 V
- Capacidad de 12 Ah @ 20hr-tasa a 1.75V por celda a 25 ° C (77 ° F)
- Peso aprox. 3,83kg
- Máxima Corriente de descarga 150A/180A (5 segundos)
- Resistencia interna Aprox. Aprox. 18.5 m
- Rango de temperatura de descarga? -15? ~ 50? (5 ° F a 122 ° F)
- Carga -15 ~ 40 (5 ° F ~ 104 ° F)
- Almacenamiento -15 ~ 40? (5 ° F a 104 ° F)
- Rango de temperatura de operación nominal de 25 ° C  $\pm$  3 ° C (77 ° F  $\pm$  5 ° F)
- Tensión de carga de 13,5 a 13,8 VCC Promedio / unidad a 25 ° C (77 ° F)
- De carga máxima recomendada 3.6A límite de corriente
- Ecualización y ciclo de servicio de 14,4 a 15,0 VCC / unitarios medios a 25°C
- Autodescarga Baterías CSB se pueden almacenar por más de 6 meses a 25 ° C (77 ° F)
- Terminal F1/F2-Faston Tab187/250
- Contenedor de material ABS (UL94-HB/File E50263)

## 17. Características de otros componentes [7],[8]

### 17.1. Controlador de velocidad [17]

El controlador de la velocidad del motor elegido es de la marca Kelly, específicamente el modelo KBS24101, 40A, 12-24V. Es un controlador programable, que proporciona un control eficaz, suave y silencioso para motos eléctricas, carros de golf, go-carts, así como la industria de motores de velocidad o control de par. Este controlador de velocidad tiene una eficiencia del 99% en la mayoría de los casos.

Tiene un potente microprocesador que aporta un control exhaustivo y preciso de los controladores de motor BLDC. Este controlador de motor sin escobillas (Brushless) también permite a los usuarios ajustar los parámetros, realizar pruebas y obtener información de diagnóstico rápida y fácilmente.



Fig. 17.1. Controlador de velocidad

#### Especificaciones generales:

- Frecuencia de operación: 16,6 kHz
- Reserva de batería de corriente: <0,5 mA
- Suministro de sensores 5 V de corriente: 40 mA
- Controlador de tensión de suministro, 8V a 30V
- Corriente, 150mA.
- Rango de voltaje configurable de la batería, B +. Max rango de funcionamiento: 8V a 30V.
- Entrada analógica de freno y acelerador: 0-5 voltios. Puede utilizar de 3 cables para producir la señal de 0-5V.
- Máxima potencia de operación según el rango de temperatura: 0 °C a 50 °C (controlador de temperatura de casos).
- Rango de temperatura: -30 °C a 90 °C
- Límite de corriente del motor, durante los primeros 10 segundos: 50A.
- Limite de corriente del motor, continua: 20A.
- Corriente máxima de la batería: Configurable.
- Peso 770 g

## 17.2. Convertidor DC/DC [17]

El convertidor elegido es el modelo HWZ de la marca Kelly. Entre todos los modelos hemos elegido el que convierte 60 V a 12 V, para poder transformar la energía para ser usada por las baterías.



Fig. 17.2. Convertidor DC/DC

### Especificaciones generales:

- Dimensiones: 172mm (Longitud) \* 120mm (Ancho) \* 66mm (Alto)
- Voltaje de entrada: DC 60V
- Tensión de salida: DC 12V
- Voltaje de funcionamiento: 47V-81V
- La corriente de salida: 25A
- Temperatura de funcionamiento: -10 °C - +40 °C
- Peso 2,50 kg



### 17.3. Cargador [17]

El cargador elegido es de la marca Soneil y necesitaremos dos, uno por cada batería.



Fig. 17.3. Cargador

A continuación se especifican las características técnicas:

- Longitud 6 cm
- Ancho de 3,7 cm
- Altura 1,9 cm
- Peso (kg) 3,0
- Max corriente, durante la carga 3 A
- La absorción de tensión 14,4 V
- Voltios de entrada AC 115/230 V
- Frecuencia de entrada 47/63 Hz
- Rango de entrada de voltios AC 90-260 V
- Restablecer de carga: Umbral de voltaje de la batería 12,5 V
- Reglamentarios de aprobación UL, CSA, CE, TUV y GS
- Fabricante: Soneil

#### 17.4. Interruptor [18]

El interruptor elegido es de la marca Albright el modelo SW180 24V Contactor. Algunas características técnicas son las siguientes:

- Voltaje de la bobina: 24 V
- Voltaje nominal: 24 V CC
- Corriente (continua): 150 A
- Corriente de defecto: 1000 A



Fig. 17.4. Interruptor

#### 17.5. Fusible [17]



Fig. 17.5. Fusible

### 17.6. Medidor de corriente y tensión [19]

Para poder conocer parámetros como el voltaje de la batería o la tensión instalaremos una herramienta de medida de dichos parámetros.



Fig. 17.6. Medidor de corriente y tensión

Este Display mostrará la información de velocidad, voltaje, amperaje y potencia. Las características técnicas de dicho instrumento se especifican a continuación:

- Rango de voltaje: 15-100V estándar.
- Error: 0,1 V
- Consumo de corriente 7 mA
- Rango de corriente:  $\pm 200$  mV/R

The background features a light blue gradient with two thin, dark blue diagonal lines intersecting. There are two sets of concentric circles: a smaller one in the upper right and a larger one in the bottom right, both composed of a dark blue inner circle and a lighter blue outer ring.

# RESULTADOS

## 18. Cálculos [4], [5]

### 18.1. Cálculo de las masas

En primer lugar deberemos determinar las masas a tener en cuenta en los cálculos.

#### ❖ *Masa del conductor*

Para evaluar la masa máxima del conductor deberemos tener en cuenta las características de la moto.

Según el fabricante, la moto podrá soportar un conductor con una masa máxima de 60 kg.

#### ❖ *Masa de las baterías*

Para determinar la masa de las baterías deberemos, en primer lugar, determinar el tipo y número de baterías.

Como hemos visto en apartados anteriores, la batería elegida será de 12 V, y según las características especificadas por el fabricante tendrán una masa de 3,83 kg. Ya que necesitamos dos baterías, la masa que tendremos que tener en cuenta es de 7,7 kg.

#### ❖ *Masa neta de la moto*

Llamamos masa neta de la moto, a la masa del chasis y demás componentes, sin tener en cuenta otros elementos como la gasolina o el motor. La masa neta de la moto, según las características indicadas por el fabricante, será de 12 kg.

#### ❖ *Masa varios*

En este apartado evaluaremos la masa de otros componentes de la moto, como por ejemplo el variador de frecuencia o el cargador.

Según las tablas de características de los diferentes componentes:

- Peso del controlador de velocidad: 770 g
- Peso del convertidor DC/DC: 2,50 kg
- Peso del interruptor: 640 g
- Peso del fusible: 90 g
- Peso del medidor de tensión: 400 g

La suma total de todos los componentes, teniendo en cuenta que necesitamos dos convertidores será la siguiente:

$$m_v = 0,77 + 2,50 \times 2 + 0,64 + 0,09 + 0,4$$

$$m_v = 6,9 \text{ kg}$$

#### ❖ *Masa motor*

La masa del motor, en función de las características especificadas por el fabricante es de 1,6 kg.

#### ❖ *Masa total moto*

Incluiremos en este apartado todos los elementos comentados anteriormente, a excepción de las masas ajenas a la moto, como la masa del conductor.

Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

❖ *Masa total*

Llamaremos masa total a la suma de todos los términos anteriores, incluyendo la masa del conductor.

❖ *Masa total admisible*

Este valor es la masa permitida en los neumáticos y se obtiene del manual del fabricante. Tan solo lo utilizaremos para comprobar que la masa obtenida podrá ser soportada por los neumáticos.

Según el catalogo del fabricante, la masa total admisible por rueda es de 128 kg, por lo que la masa total calculada (88,16 kg) es viable para las características de nuestra mini-moto.

Tabla 18.1. Resumen masas totales

| <i>Masas totales</i> |               |                      |             |       |                 |            |                      |
|----------------------|---------------|----------------------|-------------|-------|-----------------|------------|----------------------|
| Masa conductor       | Masa baterías | Masa neta de la moto | Masa varios | Motor | Masa total moto | Masa total | Masa total admisible |
| [kg]                 | [kg]          | [kg]                 | [kg]        | [kg]  | [kg]            | [kg]       | [kg]                 |
| 60                   | 7,7           | 12                   | 6,9         | 1,6   | 28,16           | 88,16      | 128                  |

## 18.2. Parámetros aerodinámicos

En la siguiente tabla encontramos un resumen de los principales parámetros aerodinámicos que tendremos en cuenta para realizar cálculos posteriores:

Tabla 18.2. Resumen de los parámetros aerodinámicos

| <i>Parámetros aerodinámicos</i> |                     |                   |   |                   |                      |  |
|---------------------------------|---------------------|-------------------|---|-------------------|----------------------|--|
| Masa Total                      | Gravedad            | Área frontal      | Coeficiente de resistencia aerodinámica ( $C_d$ ) | $C_d \cdot A$     | Densidad del aire    | Coeficiente de resistencia a la rodadura |
| [kg]                            | [m/s <sup>2</sup> ] | [m <sup>2</sup> ] | []  | [m <sup>2</sup> ] | [kg/m <sup>3</sup> ] | []                                       |
| 88,16                           | 9,81                | 0,50              | 0,60  | 0,30              | 1,29                 | 0,02                                     |

Estos términos son constantes, y dependen del medio y de las características de la moto.

Para el cálculo del área frontal hay que tener en cuenta el frontal de la moto y el del conductor.

### 18.3. Condiciones medias:

En este apartado vamos a estimar algunos parámetros de referencia, como pueden ser la velocidad media de la mini-moto o la velocidad del viento. Para los cálculos posteriores, el ángulo de inclinación de la calzada lo consideraremos en principio de 0 grados, aunque más tarde evaluaremos que pasaría en el caso de que este no fuese nulo.

Tabla 18.3. Resumen de las condiciones medias

| Condiciones Medias |                      |                 |                       |
|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|
| Velocidad media    | Velocidad del viento | Velocidad total | Angulo de inclinación |
| [m/s]              | [m/s]                | [m/s]           | [deg]                 |
| 8,94               | 2,24                 | 11,18           | 0,00                  |

### 18.4. Cálculo de la batería

Uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta a la hora de elegir la batería es el tamaño, ya que el espacio para colocarla en la mini-moto es escaso.

He elegido una batería específica para vehículos eléctricos, la cual proporciona una larga vida útil, alta eficiencia y un elevado ciclo de vida.

La ficha técnica del fabricante se podrá consultar en los Anexos de este proyecto.

En la siguiente tabla se resumen los principales parámetros a tener en cuenta y las características principales de la batería.

Debido al reducido espacio, tan solo podremos colocar 2 baterías.

En primer lugar calcularemos la energía de las baterías por hora (E). Para ello necesitamos conocer la capacidad de las baterías por hora (C) y su voltaje (V).

De este modo obtenemos:

$$E = C \cdot V$$

$$E = 24 \cdot 24$$

$$E = 0,576 \text{ kwh}$$

Por lo tanto, la energía de las baterías por hora será de 0,576 kwh.



Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

Por otro lado, necesitamos conocer los kilómetros de uso de la mini-moto a velocidad crucero. Podemos obtenerla aplicando las siguientes ecuaciones:

$$Distancia\ de\ uso = \frac{E}{\varepsilon}$$

$$Distancia\ de\ uso = \frac{576}{13,37}$$

$$Distancia\ de\ uso = 43,07\ km$$

De este modo, conocemos que la mini-moto podrá avanzar un máximo de 43,07 km en una hora. El valor  $\varepsilon$  lo podemos encontrar en el apartado de potencia, y es la eficiencia del motor en función a la velocidad, medido en wh/km.

Por último, obtenemos la vida de la batería en kilómetros, la cual se calculará como el N° de ciclos multiplicado por los kilómetros de uso a velocidad crucero.

$$N[km] = N \cdot Distancia\ de\ uso$$

$$N[km] = 400 \cdot 43,07$$

$$N[km] = 17.229,97\ km$$

De este modo obtenemos que el número de kilómetros que durará la batería serán 17.229,97 km.

Tabla 18.4. Resumen de los valores de la batería

| <b>Valores de la batería</b>                 |                |              |
|--|----------------|--------------|
| Voltaje del conector CC                      | [Volts]        | 72,00        |
| Nº de baterías                               |                | 2,00         |
| Voltaje de una sola batería                  | [Volts]        | 12,00        |
| Voltaje de las baterías                      | [Volts]        | 24,00        |
| Masa de una sola batería                     | [kg]           | 3,83         |
| Masa total de las baterías                   | [kg]           | 7,66         |
| Vida de la batería                           | [Nº de ciclos] | 400          |
| Vida de la batería                           | [km]           | 17.229,97    |
| Capacidad de una sola batería por hora       | [A-h]          | 12,00        |
| Capacidad de las baterías por hora           | [A-h]          | 24,00        |
| Energía de las baterías por hora             | [W-h]          | 576,00       |
| <b>Kilómetros de uso a velocidad crucero</b> | <b>[km]</b>    | <b>43,07</b> |

### 18.5. Fuerzas y momentos

En este apartado calcularemos las fuerzas y momentos que habrá que vencer en el movimiento de la motocicleta.

En primer lugar, estudiaremos el comportamiento de la motocicleta en llano.

#### ❖ Resistencia del aire:

La resistencia del aire, o resistencia aerodinámica, se puede definir como la fuerza que sufre un cuerpo al moverse a través del aire, y en particular a la componente de esa fuerza en la dirección de la velocidad relativa del cuerpo respecto del medio.

La resistencia es siempre de sentido opuesto al de dicha velocidad, por lo que habitualmente se dice de ella que, de forma análoga a la fricción, es la fuerza que se opone al avance de un cuerpo a través del aire.

Esta fuerza depende del área de impacto del aire, en este caso, el área frontal de la mini-moto, de la densidad del aire, de la velocidad tanto del aire como de la mini-moto y de un coeficiente constante.

Dicho coeficiente se conoce como coeficiente aerodinámico.

De este modo, la resistencia del aire se puede calcular como:

$$D = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot A \cdot \rho_{aire} \cdot v_T^2$$

Sustituyendo los datos para el caso en concreto, los cuales se encuentran recogidos en las tablas de los apartados anteriores, tenemos que:

$$D = \frac{1}{2} \cdot 0,30 \cdot 0,98 \cdot 1,29 \cdot 11,18^2$$

$$D = 24,21 \text{ N}$$

Por lo tanto, la resistencia aerodinámica de nuestra mini-moto será de 24,21 N.

❖ Resistencia a rodadura:

La resistencia a la rodadura se presenta cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, deformándose uno de ellos o ambos.

Dicha resistencia depende de parámetros como la masa, la gravedad, el ángulo de inclinación de la calzada o el coeficiente de rodadura.

El concepto de coeficiente de rodadura es similar al de coeficiente de rozamiento, con la diferencia de que este último hace alusión a dos superficies que deslizan o resbalan una sobre otra, mientras que en el coeficiente de rodadura no existe tal resbalamiento entre la rueda y la superficie sobre la que rueda, disminuyendo por regla general la resistencia al movimiento.

La resistencia a rodadura la podemos calcular con la siguiente fórmula:

$$R = m_T \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot Cr$$

En primer lugar evaluaremos dicha resistencia en una superficie plana. Sustituyendo los datos del problema, según estas condiciones obtenemos,

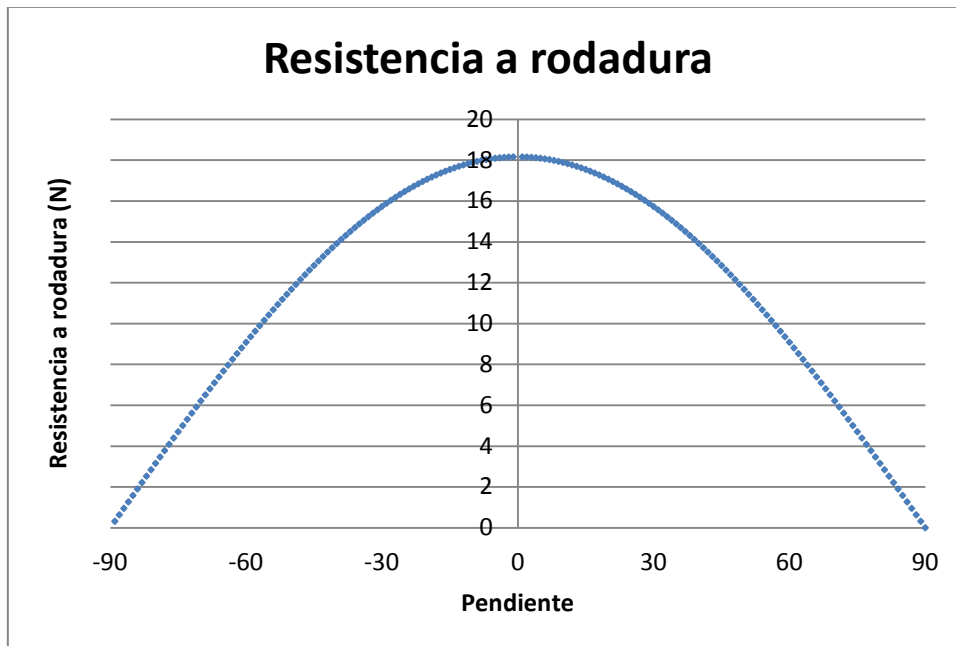
$$R = 88,16 \cdot 9,81 \cdot \cos 0 \cdot 0,02$$

$$R = 18,16 \text{ N}$$

En este caso tenemos que el valor de la resistencia a rodadura será de 18,16 N.

Ahora estudiaremos la variación de la resistencia a rodadura en función del ángulo de inclinación.

En la siguiente gráfica se recogen los valores de la resistencia a rodadura en función del ángulo de inclinación.



Gráfica 18.1. Resistencia a rodadura

Se puede observar cómo, al aumentar la pendiente decreciente, la resistencia a rodadura disminuye, esto es debido a que la pendiente ayuda al movimiento. En principio, cabría esperar que en el caso de pendiente creciente, el valor de resistencia a rodadura aumentara. Sin embargo vemos que es al contrario. Esto se puede explicar ya que la resistencia a rodadura es directamente proporcional a la pendiente, de forma que manteniendo constantes el resto de variables, aumentará o disminuirá en función al coseno de  $\alpha$ .

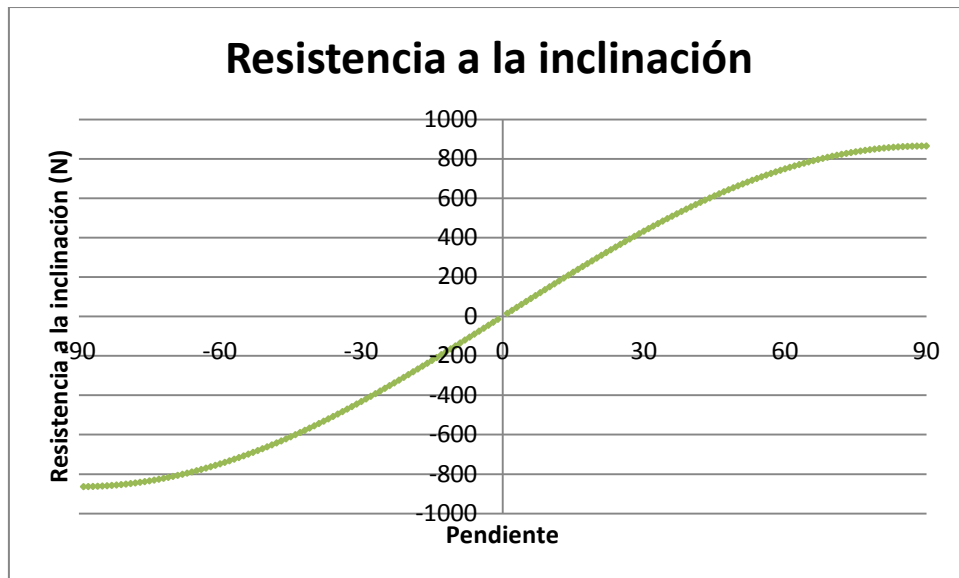
❖ Resistencia a la inclinación:

Llamamos resistencia a la inclinación a la fuerza generada por un vehículo al tener que subir o bajar una pendiente.

Principalmente depende del ángulo de inclinación, aunque también influyen otros factores como la masa o la gravedad.

$$I = m_T \cdot g \cdot \sen \alpha$$

De este modo, y según los datos del problema, vamos a estudiar los distintos valores de la resistencia a la inclinación en función de la pendiente.



Gráfica 18.2. Resistencia a la inclinación

En el caso de la resistencia a la inclinación, es directamente proporcional al ángulo de inclinación. Por ese motivo, en función que este aumenta, la resistencia aumenta, y en función que disminuye, la resistencia disminuye.

❖ Fuerza de rodadura requerida:

Llamamos fuerza de rodadura requerida o fuerza de movimiento, a la resistencia total que nuestra mini-moto tendrá que superar para que se produzca un movimiento.

La podemos calcular como el sumatorio de las resistencias que influyen en el movimiento, estudiadas anteriormente.

En primer lugar, hallaremos el valor de dicha fuerza cuando la pendiente es cero.

En este caso, la resistencia a la inclinación es cero, por lo que tenemos la siguiente ecuación

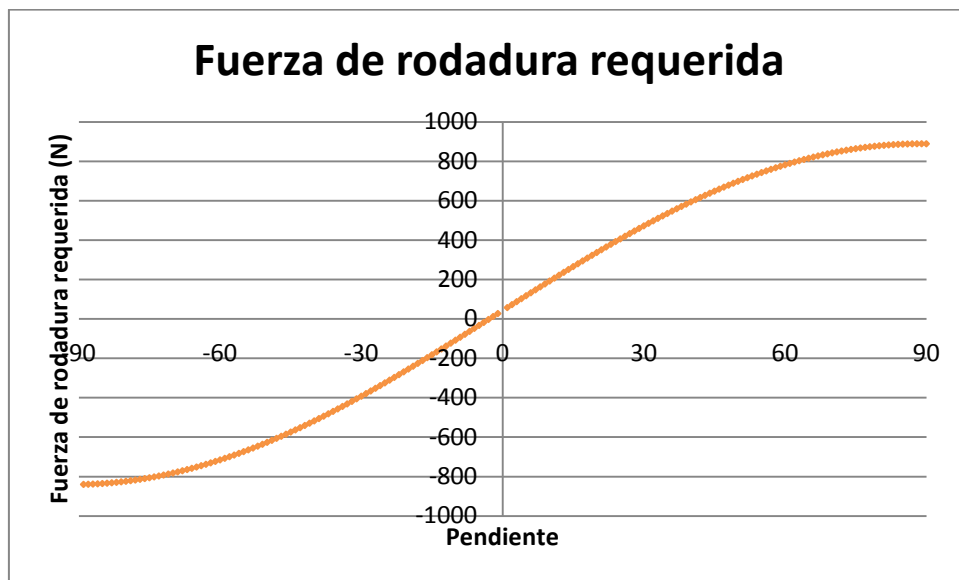
$$F_M = D + I + R$$

$$F_M = 24,21 + 0 + 18,16$$

$$F_M = 42,36 \text{ N}$$

De este modo obtenemos que la fuerza de rodadura es 42,36 N.

En segundo lugar, vamos a evaluar el valor de dicha fuerza en los casos en que hay pendiente.



Gráfica 18.3. Fuerza de rodadura requerida

Al igual que en el caso de la resistencia a inclinación, la fuerza de rodadura requerida aumenta o disminuye en función del ángulo de inclinación.

❖ Par de rodadura:

Se conoce como par de rodadura al momento mecánico que debe vencer el vehículo para que se produzca movimiento.

Dicho par depende de la fuerza de rodadura y del tamaño de las ruedas.

De ese modo obtenemos la siguiente ecuación,

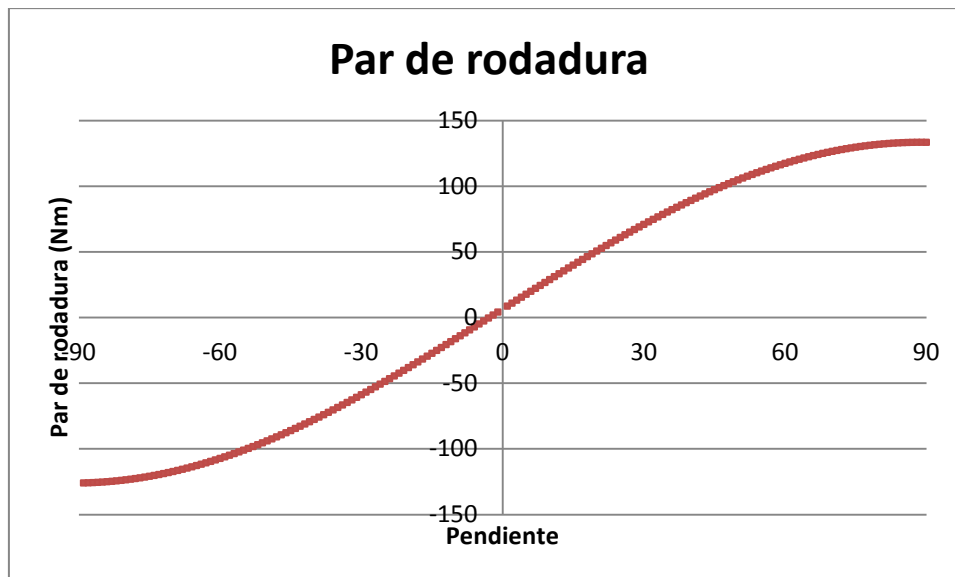
$$M_R = R \cdot r_{rueda}$$

Con los datos del problema tenemos que,

$$M_R = 18,16 \cdot 0,15$$

$$M_R = 6,46 \text{ Nm}$$

Por lo tanto el valor del par de rodadura será de 6,46 Nm.



Gráfica 18.4. Par de rodadura

Ya que el par de rodadura es directamente proporcional a la fuerza total de rodadura, la curva se comporta del mismo modo que la anterior.

❖ Par motor requerido:

Se conoce como par motor al momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

Se calcula como el par de rodadura ( $M_R$ ) dividido por la relación de transmisión del motor ( $R_t$ ).



Según los datos del problema tenemos que,

$$M = \frac{M_R}{R_t}$$

$$M = \frac{6,46}{3}$$

$$M = 2,15 \text{ Nm}$$

Así obtenemos que el par motor requerido es de 2,15 Nm.

❖ Potencia mecánica requerida por el motor:

Por último, la potencia mecánica requerida por el motor, es la potencia transmitida mediante la acción de fuerzas físicas de contacto o elementos mecánicos asociados como palancas, engranajes, etc.

Depende de la fuerza de rodadura y de la velocidad.

Considerando una velocidad media ( $v$ ), obtenemos que la potencia mecánica ( $P$ ) es:

$$P = F_M \cdot v$$

$$P = 42,36 \cdot 8,94$$

$$P = 378,76 \text{ W}$$

Tabla 18.5. Resumen de las fuerzas y momentos

| <b>Fuerzas y momentos</b> |                        |                              |                              |                 |                     |  |
|---------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|---------------------|--|
| Resistencia del aire      | Resistencia a rodadura | Resistencia a la inclinación | Fuerza de rodadura requerida | Par de rodadura | Par motor requerido | Potencia mecánica requerida por el motor |
| [N]                       | [N]                    | [N]                          | [N]                          | [N-m]           | [N-m]               | [Watts]                                  |
| 24,21                     | 18,16                  | 0,00                         | 42,36                        | 6,46            | 1,61                | 378,76                                   |

## 18.6. Potencia eléctrica

Para calcular la potencia eléctrica del motor, necesitamos conocer la potencia mecánica requerida por el motor ( $P$ ) y la eficiencia del motor ( $\eta$ ). Este último valor lo podemos encontrar en el apartado siguiente.

De este modo obtenemos lo siguiente:

$$P_e = \frac{P}{\eta}$$

$$P_e = \frac{378,76}{0,88}$$

$$P_e = 430,40 \text{ W}$$

Por lo que la potencia eléctrica del motor deberá ser 430,40 w. Así verificamos que el motor elegido es válido para el diseño que se está llevando a cabo.

Por otro lado podemos calcular la eficiencia del motor en función de la velocidad. Este dato es necesario para realizar otros calculas y se calcula como:

$$\varepsilon = \frac{P_e}{v}$$

$$\varepsilon = \frac{430,40}{8,94}$$

$$\varepsilon = 13,37 \text{ wh/km}$$

Tabla 18.6. Resumen de las potencias eléctricas

| <b>Potencia Eléctrica</b>    |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Potencia eléctrica del motor | Eficiencia en función de la velocidad |
| [W]                          | [wh/km]                               |
| 430,40                       | 13,37                                 |

### 18.7. Parámetros del motor:

Ya que hemos comprobado el motor, vamos a analizar sus parámetros.

- ❖ *Rendimiento del motor:* se conoce como rendimiento al cociente entre la energía útil y la energía suministrada. Conociendo este dato, el cual es facilitado por el fabricante del motor, podremos conocer la energía que realmente podemos utilizar del motor. No toda la energía que suministra el motor puede ser utilizada, ya que siempre hay pérdidas debidas a factores tanto del motor como externos.

Consultando las gráficas facilitadas por el fabricante del motor, sabemos que en nuestro caso el rendimiento del motor ( $\eta$ ) es igual al 88 %.

- ❖ *Pico de potencia del motor:* se conoce como pico de potencia del motor a la potencia máxima que podemos obtener de dicho motor, con unas condiciones determinadas. Esta potencia se alcanzará únicamente en el arranque. Su valor, al igual que el anterior, se obtiene de las graficas suministradas por el fabricante, y en nuestro caso es igual a 450 W.

- ❖ *Pico de corriente del motor:* al igual que en el caso anterior, el pico de corriente hace referencia a la corriente máxima que puede alcanzar un motor bajo unas condiciones determinadas.

Este valor se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P_q = \frac{P_p}{\eta \cdot V}$$

Siendo  $P_q$  el pico de corriente,  $P_p$  el pico de potencia,  $\eta$  el rendimiento del motor y  $V$  el voltaje de las baterías. De este modo obtenemos:

$$P_q = \frac{450}{0,88 \cdot 24}$$

$$P_q = 21,31 \text{ A}$$

Por lo tanto tenemos que el pico de corriente de nuestro motor es de 21,31 A.

- ❖ *Par máximo del motor:* el par máximo del motor es el momento máximo de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. Este valor también está especificado en las características de motor, y en nuestro caso, según el fabricante alcanza un valor de 61 Ncm<sup>2</sup>.
- ❖ *Velocidad máxima del motor:* este término hace referencia a la máxima velocidad con la que puede llegar a girar el motor. En este caso, según el fabricante tiene un valor de 3.900 rpm.

- ❖ *Potencia máxima del motor:* podemos describir este parámetro como la potencia máxima que alcanza un motor durante su funcionamiento. Se diferencia del pico de potencia en que este valor se mide durante el uso del motor y el pico de potencia tan solo aparece en el arranque. Este dato no lo facilita el fabricante, pero se puede calcular fácilmente de la siguiente manera:

$$P_{m\acute{a}x} = M_{m\acute{a}x} \cdot n_{m\acute{a}x}$$

Siendo  $P_{m\acute{a}x}$ , la potencia máxima del motor,  $M_{m\acute{a}x}$  el par máximo del motor y  $n_{m\acute{a}x}$  el par de giro máximo del motor, obtenemos:

$$P_{m\acute{a}x} = 0,61[Nm] \cdot 408,41[rad/s]$$

$$P_{m\acute{a}x} = 249,19 W$$

Con este dato podemos comprobar que nuestra mini-moto está dentro de los requisitos establecidos por la normativa, ya que la potencia máxima que alcanza en marcha es menos de 250 W.

- ❖ *Corriente máxima del motor:* este valor hace referencia a la corriente máxima obtenida por el motor durante la marcha. Se puede calcular como:

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{\eta \cdot V}$$

Sustituyendo los datos de nuestro problema obtenemos:

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{249,19 [W]}{0,88 \cdot 24[V]}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 11,80 A$$

Obtenemos así que la corriente máxima que genera el motor en marcha es de 11,80 A. Comparándolo con el pico de corriente vemos que este valor es del orden de la mitad del pico de corriente.

- ❖ *Radio de la rueda:* este dato depende de la mini-moto y en nuestro caso es igual a 15 cm.
- ❖ *Relación de transmisión:* se conoce como relación de transmisión de un engranaje al cociente entre la velocidad de giro de la rueda conducida y la velocidad de giro de la rueda motriz. Esta relación también depende de los radios de los engranajes y del número de dientes de estos. Para calcularlo tenemos las siguientes ecuaciones:

$$r_t = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$\frac{d_1}{Z_1} = \frac{d_2}{Z_2}$$

$$d_1 \cdot \omega_1 = d_2 \cdot \omega_2$$

De este modo obtenemos tres posibles formulas para hallar la relación de transmisión:

- En función de la velocidad de giro:

$$r_t = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

- En función del número de dientes:

$$r_t = \frac{Z_2}{Z_1}$$

- En función de los diámetros de las ruedas:

$$r_t = \frac{d_2}{d_1}$$

Según los datos que conocemos de la mini-moto hallaremos la relación de transmisión con la última ecuación. Sabemos que el diámetro del piñón es de 5 cm y el de la rueda de 15 cm. Sustituyendo los datos obtenemos que:

$$r_t = \frac{15}{5}$$

$$r_t = 3$$

De este modo sabemos que la relación de transmisión de nuestra mini-moto es de 3.

Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

- ❖ *Velocidad máxima de rotación de la rueda:* este parámetro lo podemos calcular en función de la relación de transmisión y el radio de las ruedas.

$$n_{rueda} = \frac{n_{m\acute{a}x}}{r_t}$$

Sustituimos los valores en la formula, siendo  $n_{m\acute{a}x}$  la velocidad de giro máxima del motor y  $r_t$  la relación de transmisión y obtenemos:

$$n_{rueda} = \frac{3900[rpm]}{3}$$

$$n_{rueda} = 1.300 \text{ rpm}$$

Por lo tanto obtenemos que la velocidad máxima de la rueda será igual a 1.300 rpm

- ❖ *Velocidad máxima que alcanza la mini-moto:* conocidos los datos anteriores, podemos calcular cual será la velocidad máxima que podrá alcanzar nuestra moto.

$$V_{m\acute{a}x} = n_{rueda} \cdot r_{rueda}$$

$$V_{m\acute{a}x} = 136,14 \text{ [rad/s]} \cdot 0,15[m]$$

$$V_{m\acute{a}x} = 20,75 \text{ m/s} \cong 74,69 \text{ km/h}$$

Por lo tanto obtenemos que nuestra mini-moto, con las características y componentes estudiados, podrá alcanzar una velocidad máxima de 74,69 km/h.

Tabla 18.7. Resumen de los parámetros del motor

| <b>Parámetros del Motor</b>               |  |                  |                 |
|---|--|------------------|-----------------|
| <b>Rendimiento</b>                        | Rendimiento del motor                    |                  | 0,88            |
|   | Pico de potencia del motor               | [W]              | 450             |
| <b>Pico (Corta duración)</b>              | Pico de corriente del motor              | [A]              | 340,91          |
|   | Par máximo del motor                     | [N-cm]           | 61              |
| <b>Máximos continuos (Larga duración)</b> | Velocidad de giro máxima del motor       | [rad/s]<br>[rpm] | 371,76<br>3.900 |
|   | Potencia máxima del motor                | [W]              | 249,16          |
|   | Corriente máxima del motor               | [A]              | 11,80           |
|   | Radio de la rueda                        | [m]              | 0,15            |
| <b>Velocidad máxima</b>                   | Relación de transmisión                  | [piñón/motor]    | 3,00            |
|   | Velocidad máxima de rotación de la rueda | [rpm]            | 1.300           |
|   |  | [rad/s]          | 136,14          |
|   | Velocidad máxima de la mini-moto         | [km/h]           | 74,69           |

### 18.8. Costes operativos:

Llamamos coste operativo al gasto que supone el mantenimiento y uso de la mini-moto.

Para evaluar el coste operativo de la mini-moto eléctrica debemos conocer algunos costes como el de la electricidad o el cambio de baterías.

En España, el coste de la electricidad en la actualidad es de unos 0,14 € por kwh. Por otro lado las baterías que hemos instalado cuestan cada una 39,75 €, por lo que el coste total en baterías será de 79,50 €.

Para conocer la electricidad consumida por kilometro tenemos que tener en cuenta que la carga realizada en las baterías no tiene una eficiencia del 100 %, sino que se producen perdidas y con el tiempo la batería se deteriora, disminuyendo su capacidad de carga. Teniendo en cuenta este problema, evaluaremos una eficiencia de carga de un 80 %. Con este dato y el consumo de vatios por kilometro obtenido en apartados anteriores, sabemos que la electricidad total consumida por kilometro es de 0,016 kwh por km.



Con todos estos datos podemos calcular el coste de la electricidad.

$$\text{Coste de electricidad} = \text{Electricidad consumida} \times \text{Coste de la electricidad}$$

De este modo obtenemos que el coste total de electricidad por kilometro es de 0,24 céntimos de €.

Para evaluar el coste total de la mini-moto, también tenemos que tener en cuenta el gasto en cambio de baterías. Según los datos mostrados anteriormente, el pack de baterías cuesta 79,5 €. Teniendo en cuenta que tendremos que cambiar las baterías cada 17.229,97 km, obtenemos un coste en baterías por kilometro de 0,46 céntimos de €.

Con los datos anteriores sabemos que el coste operativo total de la moto será de 0,70 céntimos de € por kilometro.

Tabla 18.8. Resumen del coste operativo de la mini-moto eléctrica

| <b>Coste operativo de la mini-moto eléctrica</b> |                     |                                      |                          |                                  |                     |                       |
|--|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Coste de electricidad                            | Eficiencia de carga | Electricidad consumida por kilometro | Coste de la electricidad | Coste total del pack de baterías | Coste de la batería | Coste operativo total |
| [€/Kwh]  |                     | [Kwh/km]                             | [cent€/km]               | [€]                              | [cent€/km]          | [cent€/km]            |
| 0,14   | 0,8                 | 0,01671506                           | <b>0,24</b>              | 79,5                             | <b>0,46</b>         | <b>0,70</b>           |

### 18.9. Comparación de costes con la mini-moto de gasolina:

Para concluir con los cálculos, vamos a realizar una comparación entre el gasto de las mini-motos de gasolina y las mini-motos eléctricas.

Para hallar el gasto de una mini-moto de gasolina, debemos conocer el precio de la gasolina y del aceite sintético que utiliza.

En la actualidad, en España, el precio de la gasolina es de 1,333 € por litro y el precio de una garrafa de 1 litro de aceite sintético específico para mini-motos cuesta 11,36 €. Teniendo en cuenta que el consumo de la mini-moto es de 120 km por depósito (de 2 litros), y que tenemos una mezcla de 98 % de gasolina y 2 % de aceite sintético obtenemos que:

- El consumo de gasolina será de 61,20 km por litro
- El consumo de aceite será de 3000 km por litro

**Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado**

Por lo tanto, el coste total tanto de gasolina como de aceite se obtiene multiplicando el consumo por el coste. De este modo obtenemos que:

- El coste de gasolina será de 2,18 céntimos de € por litro
- El coste de aceite sintético será de 0,38 céntimos de € por litro

Sumando ambos costes obtenemos que el gasto total que supondría el uso y mantenimiento de la mini-moto de gasolina es de 2,56 céntimos de € por kilometro.

Comparando este valor con el gasto generado en la mini-moto eléctrica, vemos que se cuadruplica el gasto en el caso de la mini-moto de gasolina.

**Tabla 18.9. Resumen del consumo de la mini-moto de gasolina**

| <b>Consumo mini-moto de gasolina</b> |                   |                                |                 |                 |                           |   |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---|
| Kilometraje                          | Gasto de gasolina | Coste de operación de gasolina | Gasto de aceite | Gasto de aceite | Coste del aceite cambiado | Gasto total de la mini-moto de gasolina |
| [km/l]                               | [€/l]             | [cent€/km]                     | [km/l]          | [€/l]           | [cent€/km]                | [cent€/km]                              |
| 61,2                                 | 1,333             | <b>2,18</b>                    | 3000            | 11,36           | <b>0,38</b>               | <b>2,56</b>                             |

### 18.10. Conclusión obtenida con los cálculos

Con los cálculos obtenidos, podemos verificar que la mini-moto cumple con la normativa vigente (la cual puede consultarse en el apartado 6 del presente proyecto).

Por otro lado se han obtenido valores elevados de velocidad, aproximadamente, alcanzará los 75 km/h, que no se consiguen con las mini-motos eléctricas que existen hoy en día en el mercado, las cuales tienen una velocidad máxima media de unos 40 km/h.

Respecto a los kilómetros que puedes realizar sin cargar la batería, aproximadamente unos 44 km, es un dato bajo, pero suficiente ya que se trata de una moto de juguete. Sin embargo, con la mini-moto de gasolina podíamos alcanzar hasta 120 km sin llenar el depósito. Por este motivo, es uno de los puntos negativos más notables en comparación con la mini-moto inicial de gasolina.

El punto sin duda más positivo obtenido es la variación del consumo, ya que el ahorro de la mini-moto eléctrica frente a la de gasolina es cuatro veces mayor.

## 19. Distribución de los elementos en la mini-moto eléctrica

Ya que necesitamos nuevos elementos para la mini-moto, se ha realizado el modelado de la mini-moto de gasolina en el programa Autocad, incluyendo nuevas estructuras que ayudarán a la colocación de dichos elementos.

A continuación se incluyen algunas fotos del proceso de modelado.

Empezaremos con los elementos que ya teníamos de la moto de gasolina y continuaremos con aquellos elementos que necesitamos incluir. En los elementos que teníamos se incluirán las modificaciones que sean pertinentes para el correcto funcionamiento de la mini-moto eléctrica.

En primer lugar, podemos ver imágenes del chasis. Se han incorporado unas nuevas plataformas para colocar las baterías y el motor.

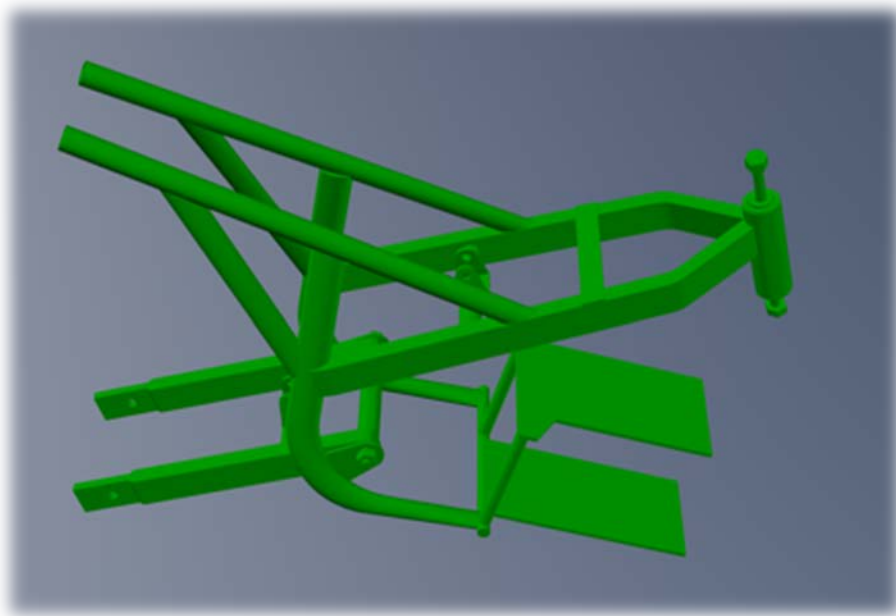


Fig. 19.1. Vista del chasis en 3D

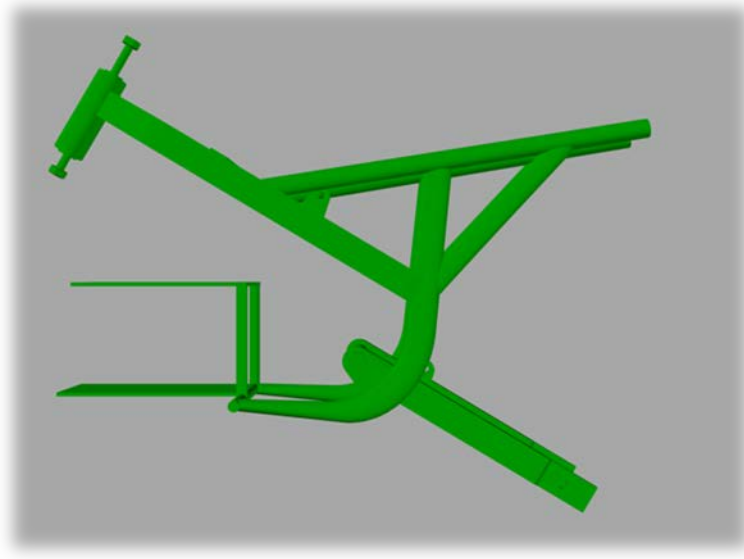


Fig. 19.2. Alzado del chasis

Aquí podemos ver un plano de despiece, para conocer cuáles son las piezas necesarias para la fabricación de la mini-moto.

El chasis está formado por tubos soldados de 2 mm de espesor. Para unirlo a las otras partes necesitaremos dos cojinetes, dos tornillos, dos arandelas y dos tuercas.

A demás de los tubos, el chasis cuenta con soportes para realizar el conexionado de otros elementos como la horquilla, la suspensión o la rueda trasera.

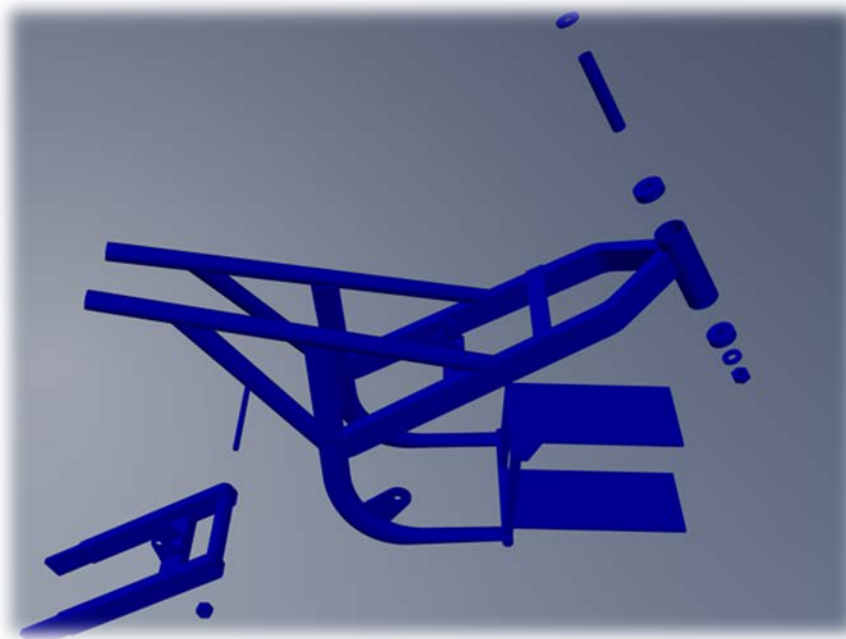


Fig. 19.3. Despiece del chasis

Por último se muestra una foto con los materiales reales.

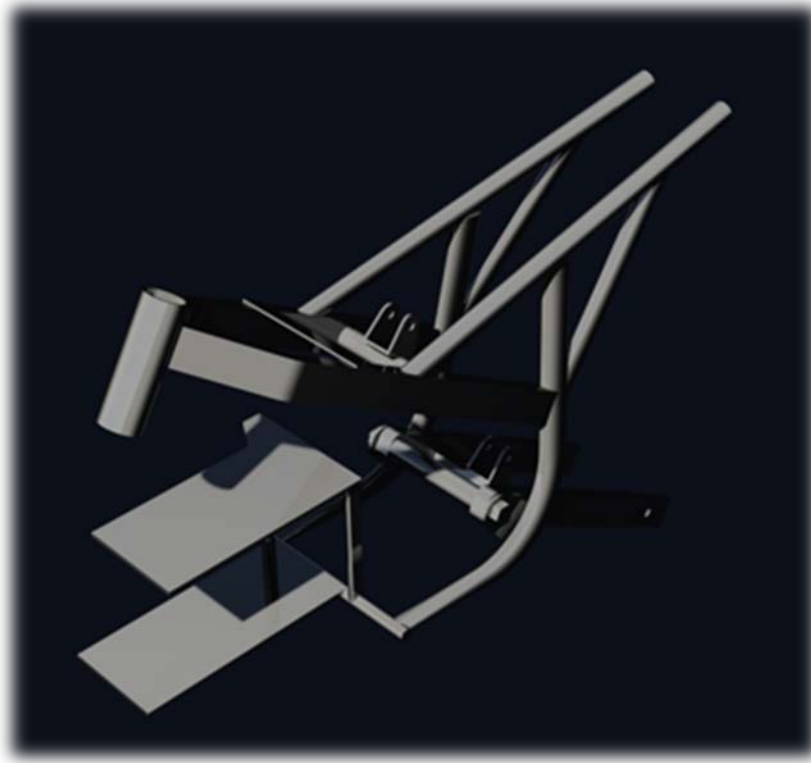


Fig. 19.4. Representación real del chasis

Por otro lado tenemos el modelado de las ruedas. Las ruedas que utiliza la mini-moto de gasolina son de 12 ½" y de sección 2 ¾". En la primera imagen podemos ver un despiece de la rueda, donde se distingue el neumático, la llanta el eje y el disco de freno. Las siguientes son representaciones de la rueda modelada en el programa, vista desde distintos ángulos.

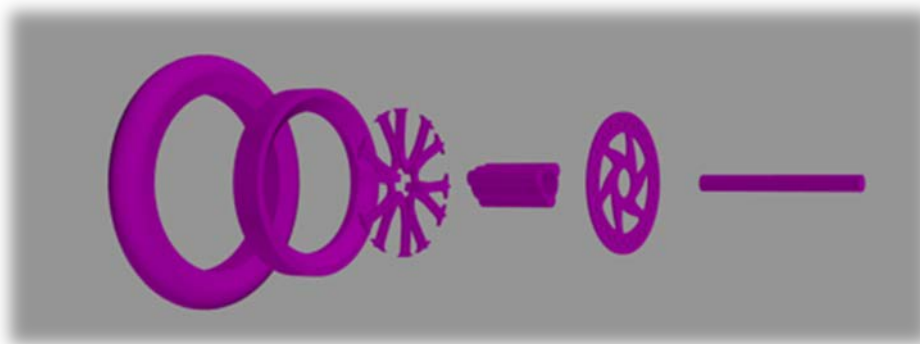


Fig. 19.5. Despiece de las ruedas

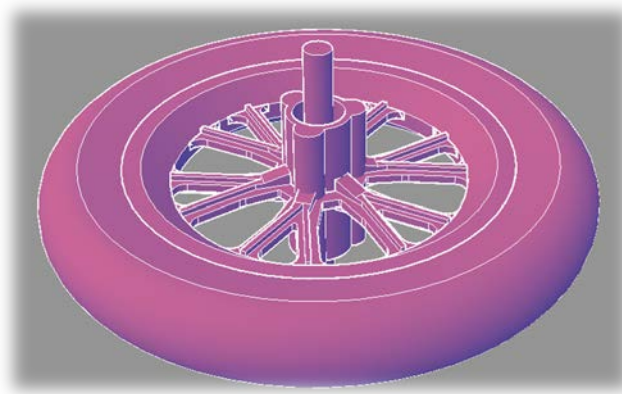


Fig. 19.6. Modelado de la rueda



Fig. 19.7. Representación de la rueda en isométrico



Fig. 19.8. Alzado de la rueda

Paralelo al modelado de la rueda se encuentra el disco de freno, el cual podemos observar en las siguientes imágenes.

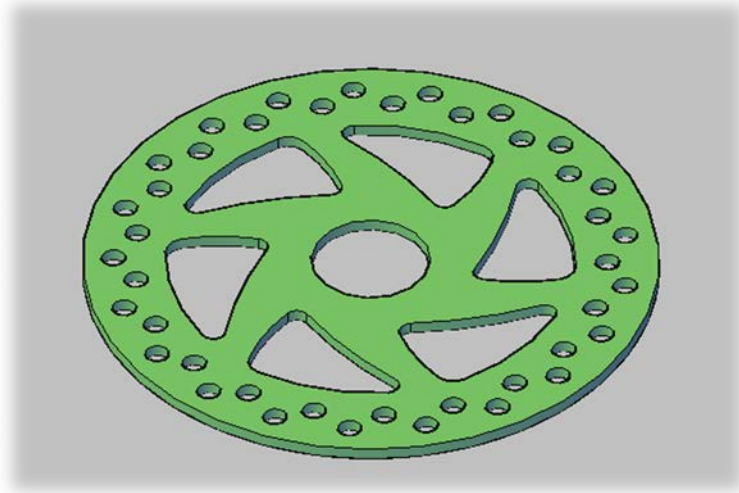


Fig. 19.9. Modelado del disco de freno



Fig. 19.10. Representación del disco de freno



Por otra parte también necesitamos algún elemento de suspensión. En el caso de nuestra mini-moto se trata de un amortiguador, el cual está representado en las siguientes imágenes.

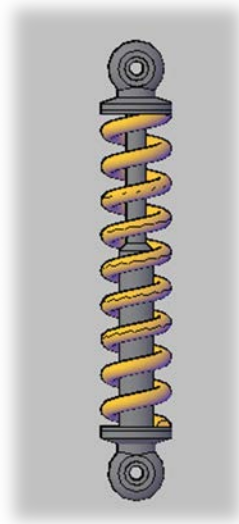


Fig. 19.11. Modelado del amortiguador



Fig. 19.12. Representación del amortiguador

La transmisión de la mini-moto, por otra parte, se realiza con cadena. En las siguientes imágenes aparecen las dos ruedas del engranaje y la cadena que forman la transmisión.

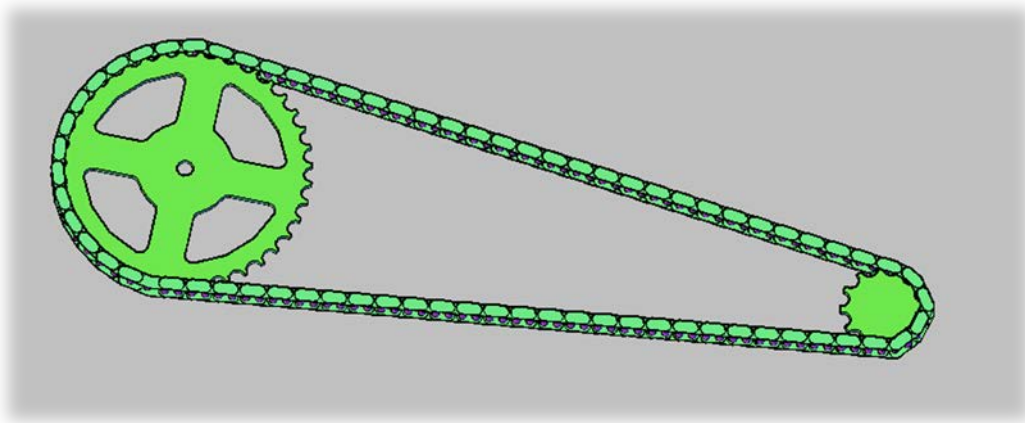


Fig. 19.13. Modelado de la cadena

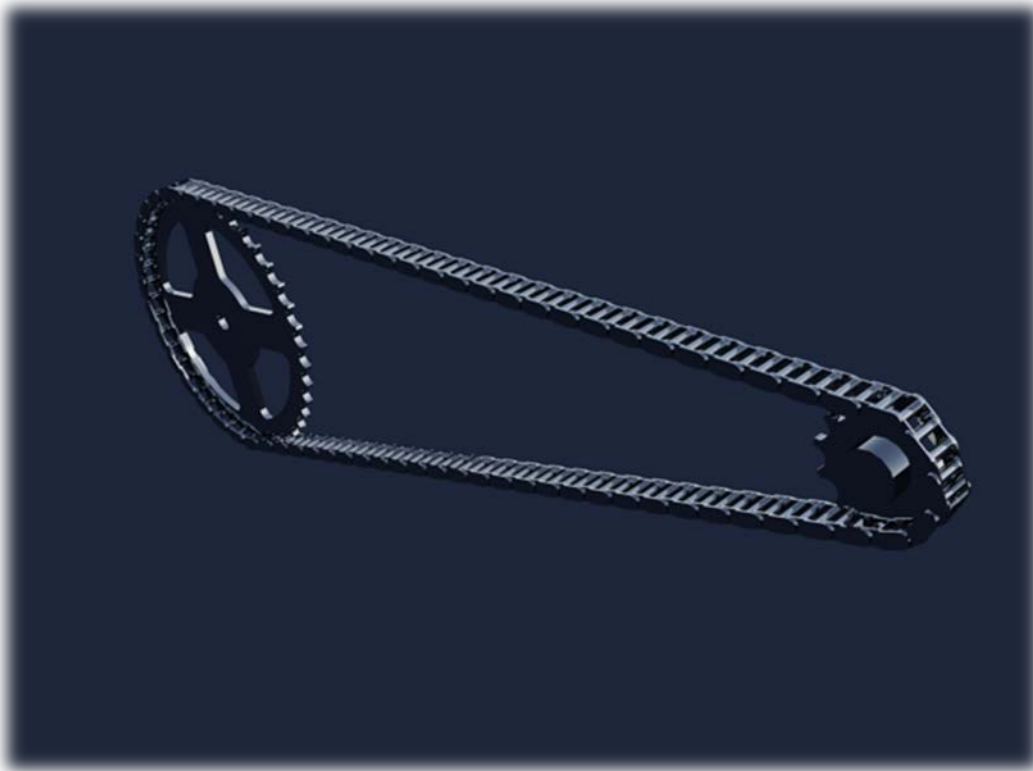


Fig. 19.14. Representación de la cadena

Para que la transmisión finalice su función es necesario contar con un elemento que transmita la fuerza generada del motor a las ruedas. Como unión entre la cadena y el motor se utiliza el siguiente elemento de transmisión.

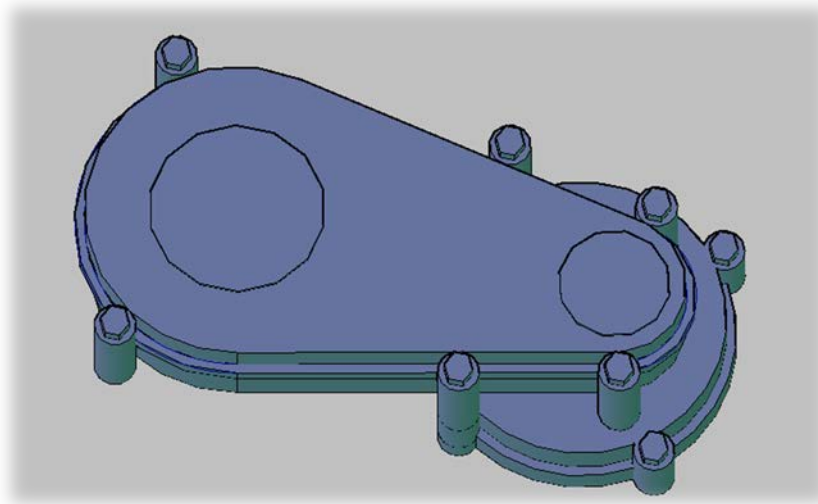


Fig. 19.15. Modelado de la transmisión

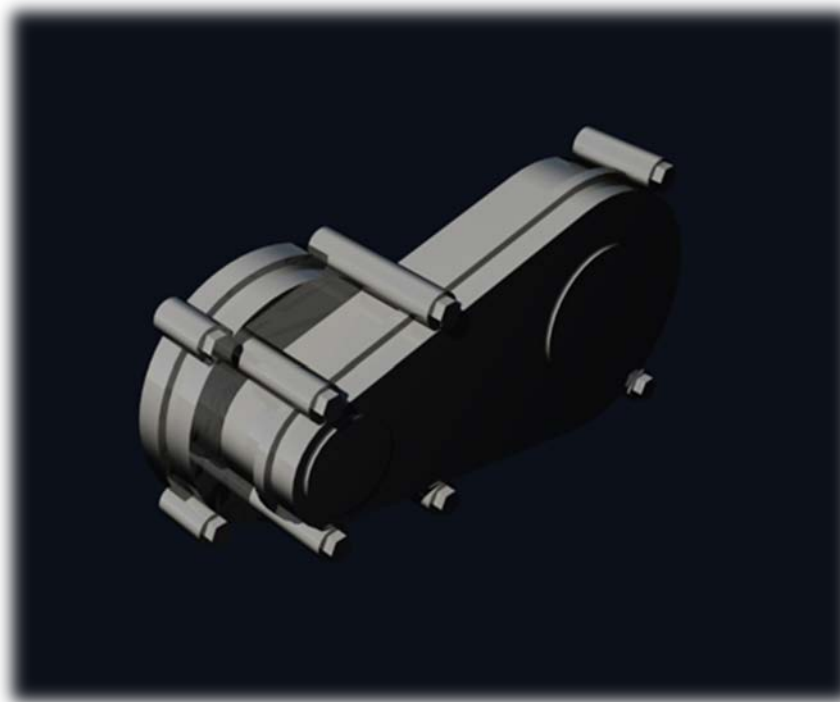


Fig. 19.16. Representación de la transmisión

Por otra parte, hemos realizado algunas fotos del manillar. A continuación se incluye una imagen del despiece, y otras dos de su modelado.

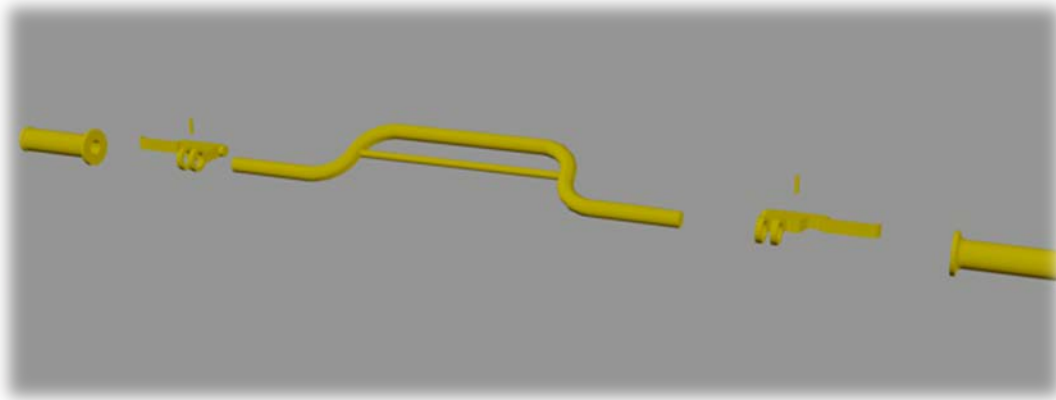


Fig. 19.17. Despiece del manillar

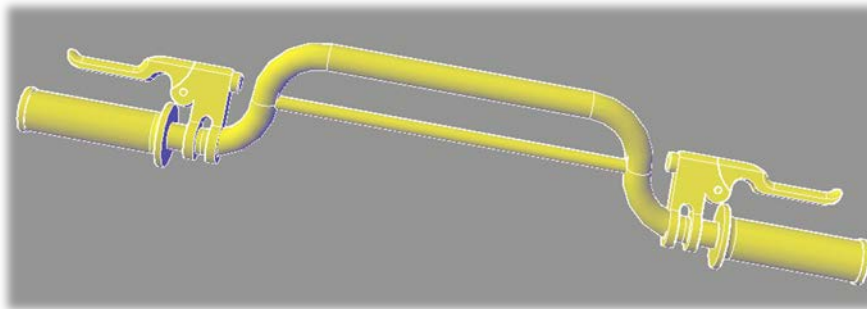


Fig. 19.18. Modelado del manillar



Fig. 19.19. Representación real del manillar

Ahora se muestran algunas imágenes de las horquillas tanto delantera como trasera.



Fig. 19.20. Despiece de la horquilla delantera

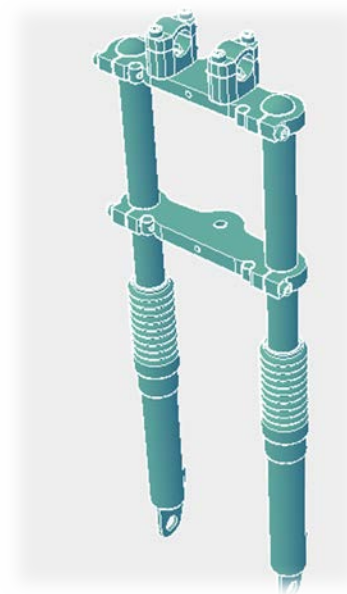


Fig. 19.21. Modelado de la horquilla delantera



Fig. 19.22. Representación real de la horquilla delantera

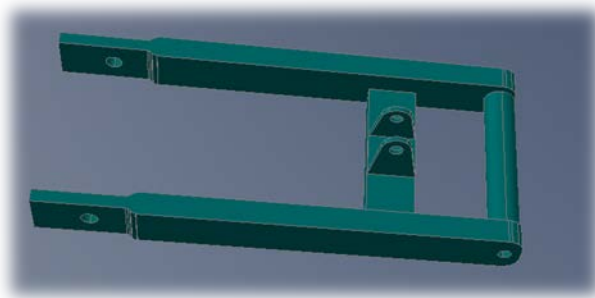


Fig. 19.23. Modelado del basculante

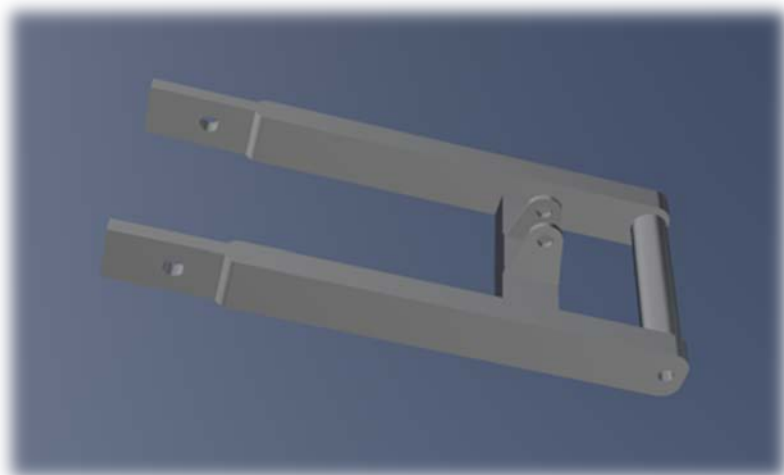


Fig. 19.24. Representación del basculante

Ya hemos mostrado todos los elementos que no se han modificado al realizar la conversión de mini-moto de gasolina a eléctrica.

A continuación se muestran los nuevos elementos que tendremos que tener en cuenta y colocar para llegar a la finalización de la tarea.

El primer elemento que debemos modificar es el motor. En este caso el motor eléctrico es menos voluminoso y pesado que el de gasolina, por lo que será más fácil su colocación.

Ya que la posición de la transmisión no se verá modificada, colocaremos el motor unido al eje de la transmisión, y a continuación estudiaremos el espacio disponible para la colocación de las baterías.

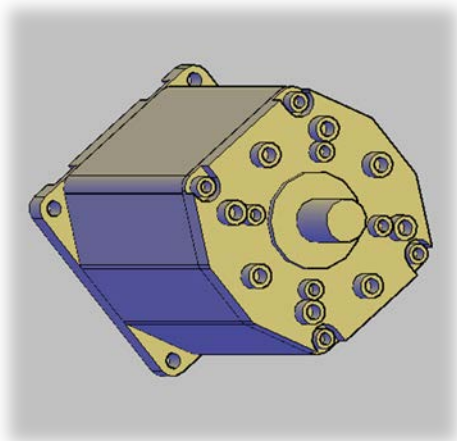


Fig. 19.25. Modelado del motor I

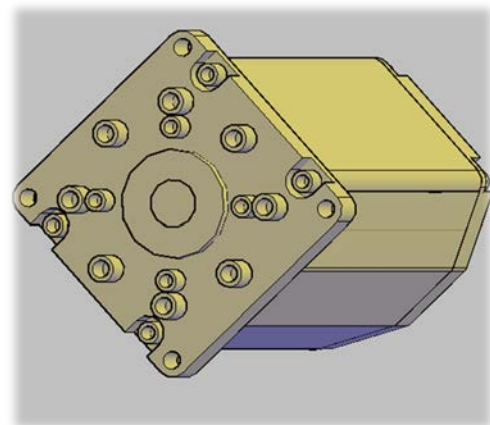


Fig. 19.16. Modelado del motor II

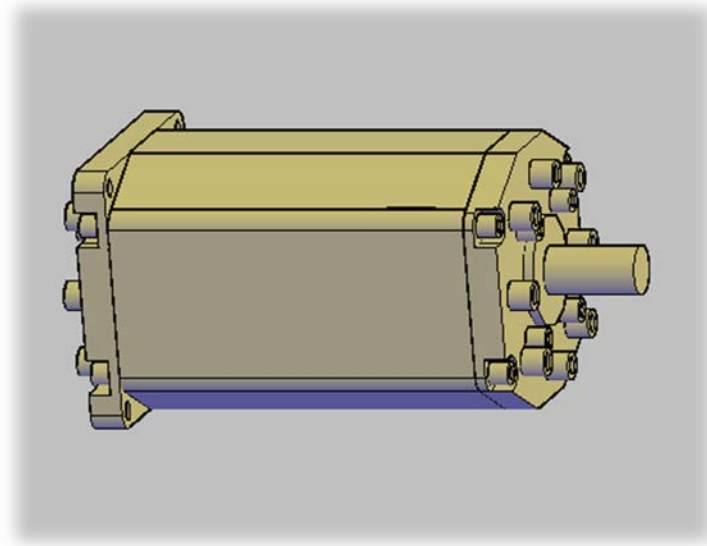


Fig. 19.27. Modelado del motor III

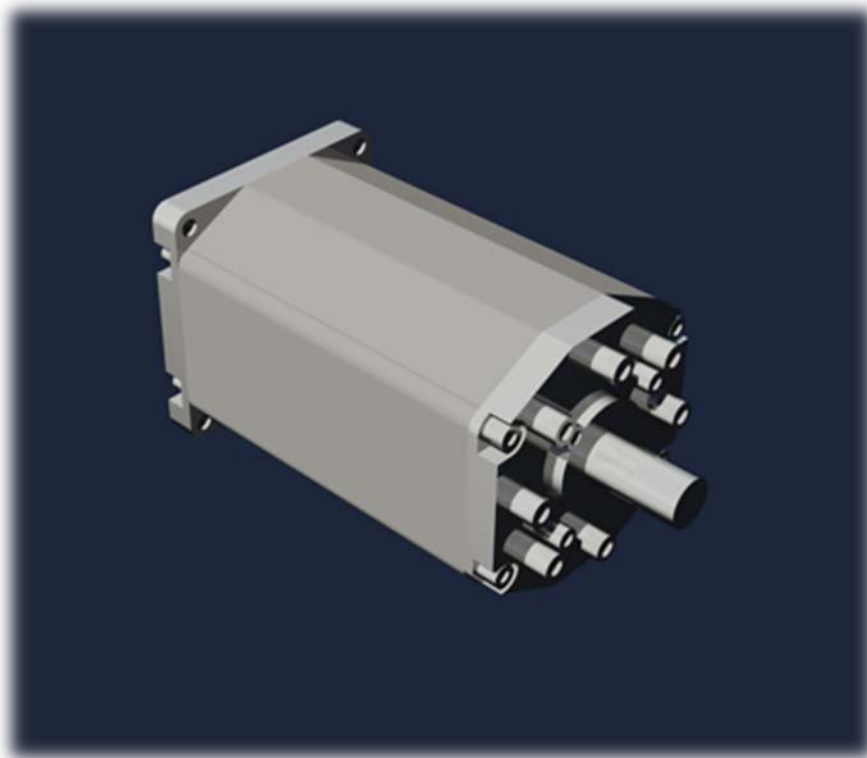


Fig. 19.28. Representación del motor



Una vez colocado el motor, debemos estudiar la colocación de las baterías.

Como ya se ha elegido el modelo, a continuación se puede observar su modelado, el cual utilizaremos para comprobar la situación de estas en la moto real.

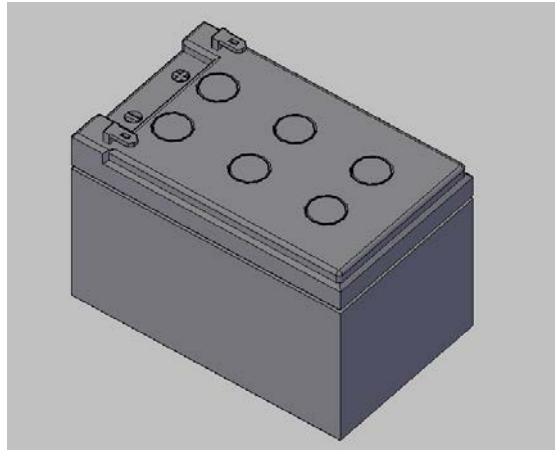


Fig. 19.29. Modelado de la batería

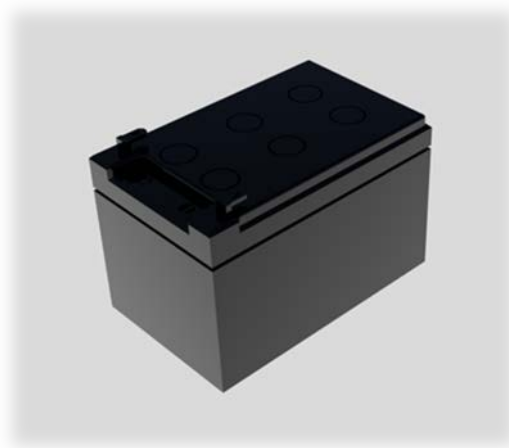


Fig. 19.30. Representación de la batería

Las baterías son los elementos más voluminosos que tenemos que colocar en la nueva mini-moto. También son los elementos más pesados, por lo que necesitaremos crear una estructura para su colocación. Esta estructura se puede apreciar al principio de este capítulo, en el chasis.

Por otro lado, y dado su peso, deberemos colocarlas de forma que no desestabilice la mini-moto. Por ese motivo, se ha decidido colocarlas en la zona central, ya que en esa zona se encuentra el centro de gravedad de la moto, lo que ocasionará una mayor estabilidad.

Por último, en las fotos siguientes se puede ver cuál será la distribución final de los elementos en la mini-moto.

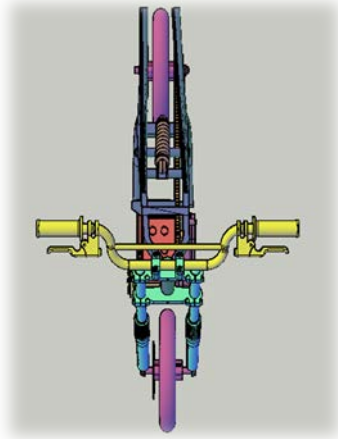


Fig. 19.31. Modelado de la mini-moto superior

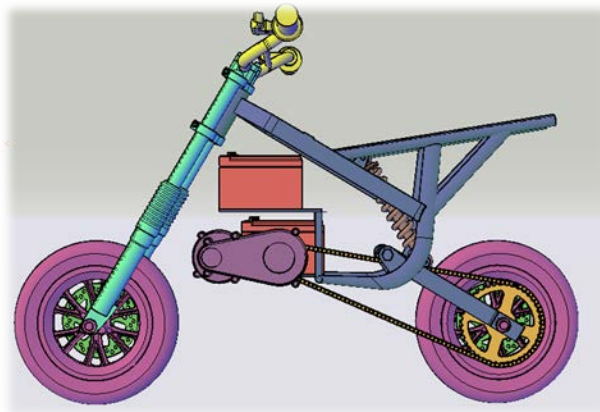


Fig. 19.32. Modelado de la mini-moto derecha

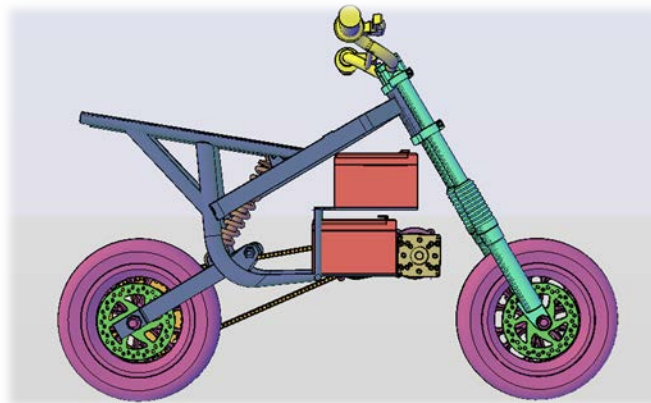


Fig. 19.33. Modelado de la mini-moto izquierda

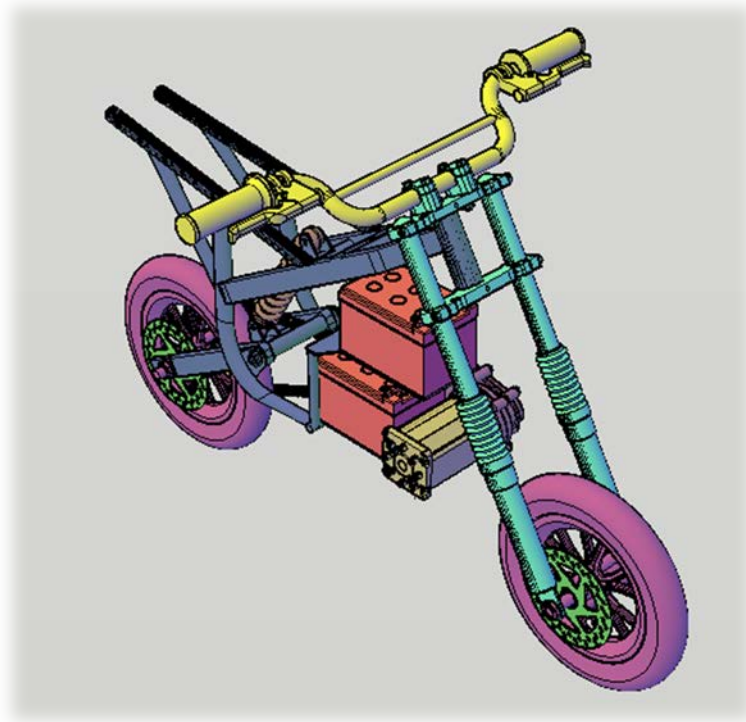


Fig. 19.34. Modelado de la mini-moto isométrico



Fig. 19.35. Representación real de la mini-moto

Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

Para concluir con este apartado, debemos hacer referencia a la conexión eléctrica que tendremos que llevar a cabo. Para ello incluimos el esquema eléctrico de la instalación.

Para realizar este esquema hemos tenido en cuenta los requisitos expuestos por el fabricante del controlador de velocidad.

Según el catálogo del fabricante, el cual podemos consultar en los anexos de este proyecto, deberemos conectar el controlador según las siguientes conexiones:

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| M-  | Salida del motor                     |
| B-  | Polo negativo de la batería          |
| B+  | Polo positivo de la batería          |
| PWR | Interruptor de potencia de entrada   |
| GND | Sensor de retorno                    |
| AN1 | Resistencia de entrada al acelerador |
| AN2 | Resistencia de salida del acelerador |

Por otra parte, hemos colocado dos fusibles, los cuales evitaren posibles cortocircuitos, en las conexiones con las baterías.

Por último, hemos colocado algunos interruptores que faciliten el uso de cada uno de los componentes.

Según estos parámetros, obtenemos el siguiente esquema eléctrico:

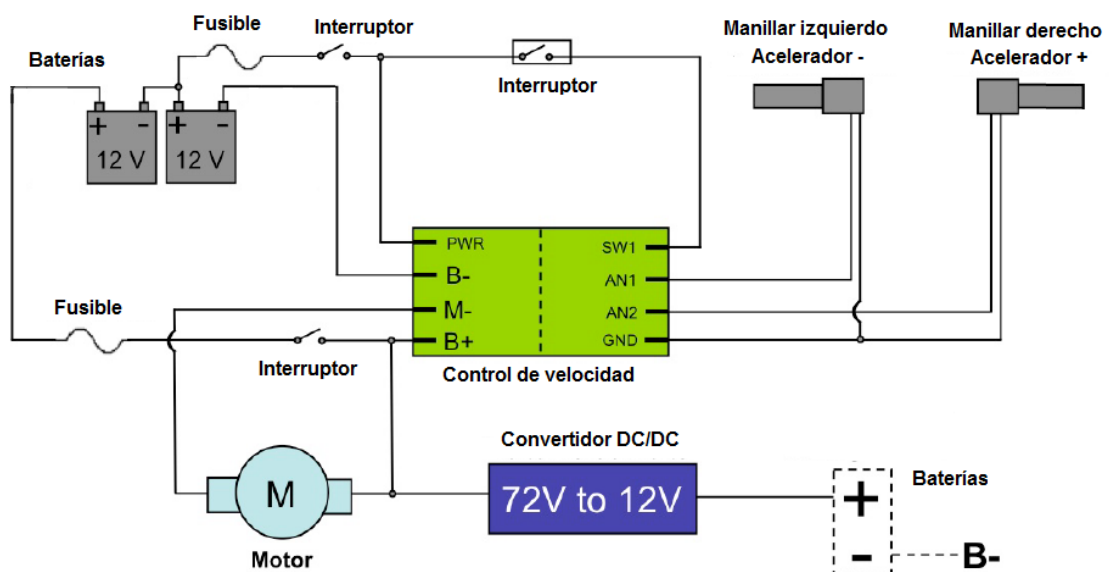
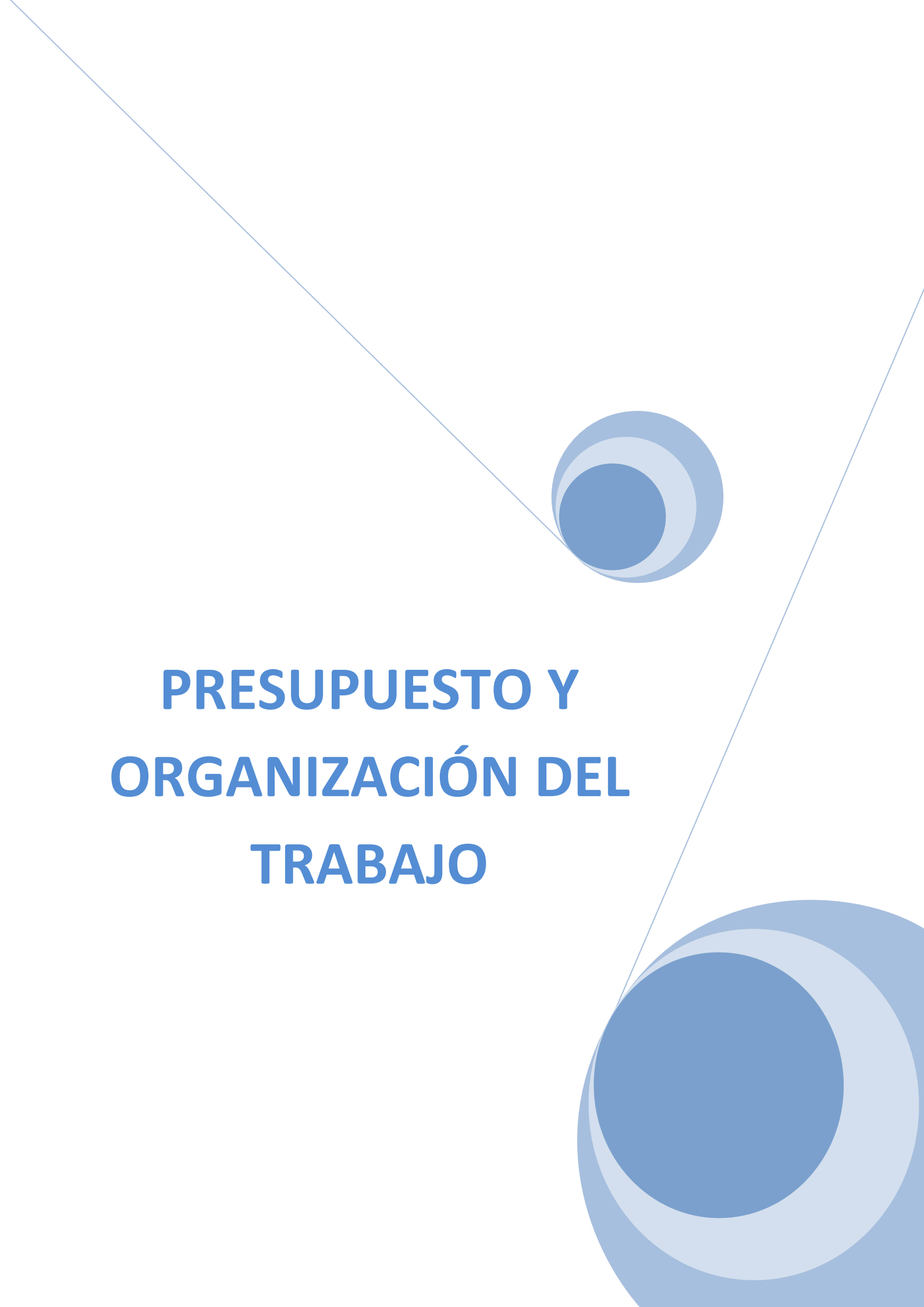


Fig. 19.36. Esquema eléctrico

The background features a light blue gradient with two thin, dark blue diagonal lines intersecting. There are two sets of concentric circles: a smaller one in the upper right and a larger one in the lower right, both composed of three overlapping circles in varying shades of blue. The title is centered in a bold, blue, sans-serif font.

# **PRESUPUESTO Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO**



## 20. Presupuesto

Ya que hemos estudiado cuales son los componentes que necesitamos para la fabricación de la mini-moto eléctrica, vamos a estimar cuales serán los gastos que tendremos que suponer para su fabricación.

En primer lugar debemos conocer el coste de cada uno de los componentes, el cual se detalla a continuación:

Tabla 20.1. Costes de los componentes

| Componente                              | Importe          |
|---|------------------|
| Mini-moto de gasolina                   | 175 €            |
| Motor eléctrico                         | 170 €            |
| Baterías                                | 39,75 € cada una |
| Controlador de velocidad                | 85 €             |
| Convertidor de energía                  | 91 €             |
| Cargadores                              | 40 € cada uno    |
| Interruptor                             | 60 €             |
| Fusible                                 | 3,50 € cada uno  |
| Herramienta de medición                 | 130 €            |
| <b>IMPORTE TOTAL DE LOS COMPONENTES</b> | <b>881 €</b>     |

Por otro lado tenemos que tener en cuenta la mano de obra. Consideraremos un coste horario de 34 €/h.

En este caso tenemos que tener en cuenta la duración de las tareas que tenemos que llevar a cabo.

Tabla 20.2. Importe de mano de obra

| Posición  | Descripción   | Duración       | Importe de M.O. |
|---|---|----------------|-----------------|
| 1.1   | Estudio y compresión del problema a resolver                              | 60 h           | 2.040 €         |
| 1.2   | Desmontaje del motor de gasolina  | 0,5 h          | 17 €            |
| 1.3   | Desmontaje de los componentes del motor de gasolina (por ejemplo: Escape) | 0,5 h          | 17 €            |
| 1.4   | Montaje del motor eléctrico   | 2 h            | 68 €            |
| 1.5   | Montaje de las baterías   | 4 h            | 136 €           |
| 1.6   | Montaje del resto de componentes  | 8h             | 272 €           |
| 1.7   | Pruebas de funcionamiento   | 20 h           | 680 €           |
| 1.8   | Mejoras   | 10 h           | 340 €           |
| 1.9   | Memoria del proyecto  | 160 h          | 5.440 €         |
| <b>DURACIÓN TOTAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b> |   | <b>265 h</b>   |                 |
| <b>IMPORTE TOTAL DE MANO DE OBRA</b>            |   | <b>9.010 €</b> |                 |

Por lo tanto el coste total del proyecto será de 9.891 €

## 21. Distribución del trabajo

Para realizar el diagrama de trabajos tenemos que evaluar cuantos días necesitamos para realizar cada una de las tareas.

Tabla 21.3. Días de trabajo

| Posición | Descripción                                  | Duración en horas | Duración en días |
|----------|--|-------------------|------------------|
| 1.1      | Estudio y compresión del problema a resolver | 60 h              | 8                |
| 1.2      | Desmontajes                                  | 1 h               | 1                |
| 1.4      | Montajes                                     | 14 h              | 2                |
| 1.7      | Pruebas de funcionamiento                    | 20 h              | 3                |
| 1.8      | Mejoras                                      | 10 h              | 2                |
| 1.9      | Memoria del proyecto                         | 160 h             | 20               |

### 21.1. Diagrama de Gantt

En este diagrama podemos ver gráficamente cual será la planificación del proyecto.

Según esta programación tardaremos 20 días laborables en realizar el estudio del proyecto y la posterior modificación de la mini-moto.

En primer lugar realizaremos un estudio para poder entender el problema al que nos enfrentamos y poder dar soluciones. Deberemos determinar parámetros como que componentes necesitamos, como se colocarán o qué condiciones finales vamos a obtener.

Este estudio y las conclusiones que deriven de él, se incluirán en la memoria del proyecto, por lo que ambas tareas comenzarán en el mismo momento.

Antes de comenzar el montaje, debemos recibir los materiales. Estimamos 5 días para este fin.

Mientras esperamos los acopios se procederá al desmontaje de los componentes de la moto actual, eliminando aquellos componentes que no necesitaremos y añadiendo las estructuras que facilitarán la colocación de los nuevos componentes.



Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

Posteriormente se realizará el montaje de los nuevos componentes, como pueden ser el motor y las baterías.

Al mismo tiempo que se realizan los trabajos de desmontaje y montaje de la moto, se va realizando la memoria del proyecto, ya que en dicha memoria podremos encontrar tanto los estudios previos como las fases de construcción y los resultados de las pruebas de funcionamiento.

Para finalizar, se realizarán las pruebas de funcionamiento, las cuales servirán para comprobar que los estudios previos son válidos. Además se propondrán posibles mejoras, las cuales se evaluarán con los resultados de dichas pruebas.

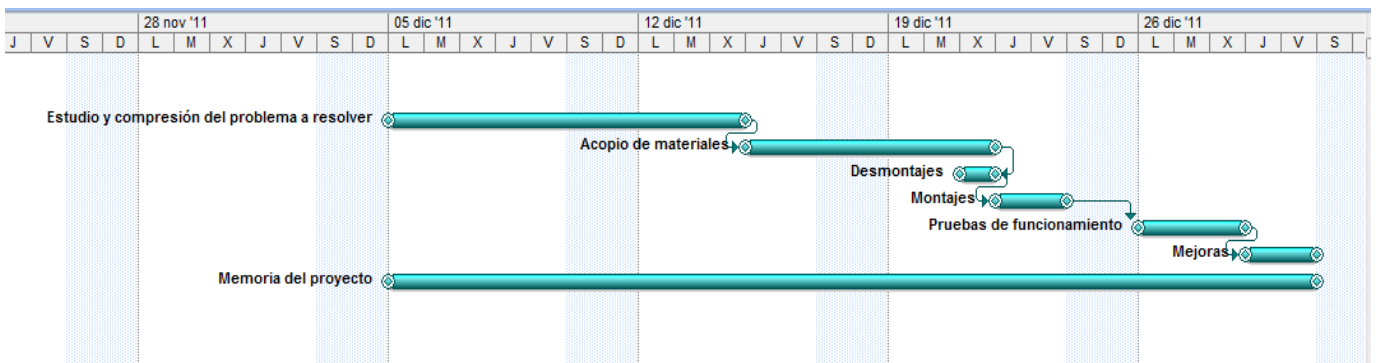


Fig. 21.1. Diagrama de Gantt



# CONCLUSIONES



## 22. Conclusiones

El presente proyecto consiste en el estudio y modificación de una mini-moto de gasolina a una eléctrica.

Después de unos apartados donde se hace una introducción para conocer la historia de la mini-moto, sus componentes y las diferencias existentes en el caso de motor gasolina y eléctrico se ha hecho un estudio de los cambios que deben realizarse para conseguir el objetivo del proyecto.

Posteriormente se han realizado los cálculos pertinentes para conocer el comportamiento de la nueva mini-moto y se ha realizado un presupuesto y la organización pertinente de las tareas a realizar.

Finalmente hemos llegado al objetivo propuesto al inicio de este proyecto, se ha conseguido realizar el modelado y estudio de la mini-moto eléctrica, llegando a valores que no se consiguen con las mini-motos eléctricas existentes en la actualidad.

Se han obtenido valores de velocidad máxima de unos 75 km/h. Este dato es elevado comparado con las mini-motos eléctricas que existen actualmente, ya que estas rondan los 40 km/h de velocidad máxima. Comparándolo con el valor obtenido para la mini-moto de gasolina, esta prestación ha mejorado ya que con la mini-moto de gasolina conseguíamos una velocidad máxima de 60 km/h.

Respecto a la autonomía, conseguimos una autonomía de 44 km. Es sin duda uno de los puntos más negativos en relación a la mini-moto de gasolina, en la que el valor alcanza los 120 km. Sin embargo, comparándola con el resto de mini-motos eléctricas que existen en el mercado, no varía en exceso, ya que para estas mini-motos la autonomía es de unos 30 km.

Por último, el punto más positivo será el consumo. En el caso de la mini-moto eléctrica estudiada y comparándola con la mini-moto de gasolina, el valor de consumo es 4 veces mayor en la eléctrica. Por lo tanto este punto supondrá un ahorro importante.

Como conclusión final, debemos destacar los puntos positivos de este estudio en referencia a las prestaciones obtenidas: menor consumo y mayor velocidad y los puntos negativos, que deberemos mejorar: la autonomía. Este último punto podrá ser estudio para la realización de otro proyecto.



## 23. Futuros desarrollos

Como continuación de este proyecto se puede realizar la construcción de la mini-moto estudiada.

Por otra parte, también da lugar a un estudio más detallado de las baterías, de forma que se mejore la tecnología de estas, disminuyendo su tamaño y peso, y aumentando sus prestaciones para dar lugar a mejoras en las características técnicas de la mini-moto.

Este último punto puede ser tratado de forma genérica, ya que este problema es común para todos los vehículos eléctricos que existen en la actualidad.

The background features a light gray gradient with two thin, intersecting diagonal lines. There are two blue circular elements: a smaller one in the upper right and a larger one in the bottom right corner. Both circles are composed of concentric layers of different shades of blue, creating a 3D effect.

# **BIBLIOGRAFÍA**



## 24. Bibliografía

- [1] MANUEL ARIAS-PAZ GUITIAN “Motocicletas 29ª Edición, Editorial Dossat, 1940.
- [2] PEDRO ARSUAGA CHABOT “Vehículos eléctricos y redes para su recarga: Impacto en la sociedad y en la industria”, Editorial Ra-Ma, 2010.
- [3] JUAN CASTILLO Y ENRIQUE MARRUFO “Instalaciones eléctricas básicas”, McGrawHill, 2010.
- [4] GAETANO COCCO “Motorcycle design and technology”, Editorial Giorgio Nada, 1999.
- [5] V.COSSALTER “Motorcycle Dynamics” 2ª Edición, Editorial Lightning Source, 2006 .
- [6] S. DHAMEJA “Electric Vehicle Battery Systems”. Editorial Butterworth-Heinemann, 2002.
- [7] J.LARMINIE Y J. LOWRY(2003) “Electric vehicle technology explained”. Editorial John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- [8] S.LEITMAN y B.BRANT “Build your own Electric Vehicle”, 2ª Edición, Editorial McGrawHill, 2009.
- [9] SERGIO HERNÁNDEZ VARAS “Simulación del comportamiento dinámico en 3D de una motocicleta, constituida por una suspensión delantera alternativa”. Proyecto Final de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid, 2009.



- [10] CRISTINA TORREJÓN PEREZ. “Diseño de un pack de baterías para motocicletas eléctricas”. Proyecto Final de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid, 2010.
- [11] RUBÉN ESPINOSA POLO “Mini-moto controlada por computador: arquitectura hardware”. Proyecto Final de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid, 2010.

#### 24.1. Referencias web

- [12] “Minipocketrockets” Disponible en Web  
<<http://www.minipocketrockets.com/sports/>>
- [13] “Midsouthminimoto” Disponible en la Web:  
<<http://www.midsouthminimoto.com/pocketbikehistory.aspx>>
- [14] “Dunkermotoren” Disponible en la Web:  
<<http://www.dunkermotoren.de/default.asp?id=69&lang=4>>
- [15] “CSB Battery” Disponible en la Web:  
<[http://www.csb-battery.com/spain/07\\_contact/01\\_form.php](http://www.csb-battery.com/spain/07_contact/01_form.php)>
- [16] “Kelly Controller” Disponible en la Web:  
<<http://www.kellycontroller.com/>>
- [17] “Curtis Instruments”  
<<http://curtisinstruments.com/?fuseaction=cproducts.dspdccontactors>>
- [18] “Tráfico y seguridad vial”  
<<http://traficoyseguridadvial.blogspot.com/2010/03/minimotos-consideracion-de-vehiculo.html>>



[19] “Policías municipales”

<<http://policiasmunicipales.blogspot.com/2009/12/minimotos-caracteristicas-para-la.html>>

[20] “Fedemotocyl”

<[http://www.fedemotocyl.es/web/imagenes/velocidad/13\\_REGLAMENTO\\_MINIMOTOS\\_2010.pdf](http://www.fedemotocyl.es/web/imagenes/velocidad/13_REGLAMENTO_MINIMOTOS_2010.pdf)>



The image features a minimalist abstract design. Two thin, light blue lines intersect at a point, forming a V-shape that divides the page. One line extends from the top left towards the center, and the other extends from the top right towards the center. In the upper right quadrant, there is a small circle composed of three concentric layers: a dark blue inner circle, a medium blue middle ring, and a light blue outer ring. In the bottom right corner, there is a larger version of this same concentric circle design. The word "ANEXOS" is centered in the lower half of the page in a bold, blue, sans-serif font.

**ANEXOS**

## 25. Anexos

### 25.1. Catálogo del motor [15]



## More than just products BG 75

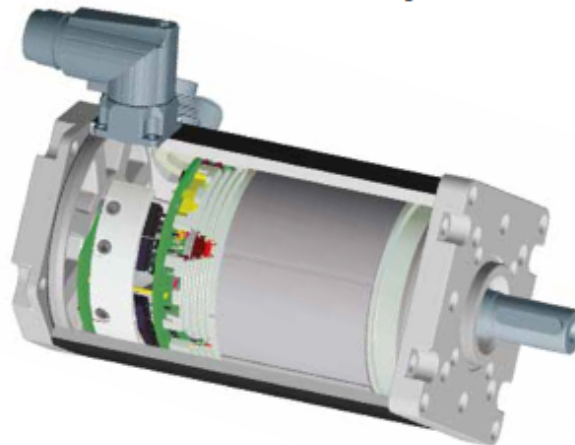
## Alles aus einer Hand BG 75

Within Dunkermotoren's modular system, the new motor series BG 75 delivers application-oriented solutions for customers' requirements. The BG 75 is available with numerous integrated electronic functionalities. These range from a simple speed controller (SI) to a freely-programmable servo-controller with CANopen BUS interface (MI). Alternatively, external controllers are available. With a wide range of planetary and worm gears, these motors can be perfectly adapted to the torque and speed requirements of a particular application. A range of brakes and absolute encoders rounds off the modular system.

Optional the motor is available with quasi-absolute encoder function and step and direction interface.

Die neue Motorbaugröße BG 75 bietet im modularen System zusammen mit zahlreichen Komponenten optimale Systemlösungen für den Kunden. Der BG 75 wird konsequent mit integrierten Elektronikfunktionalitäten angeboten. Diese reichen von der einfachen Drehzahl elektronik (SI) bis hin zum frei programmierbaren Servocontroller mit Busschnittstelle (MI). Alternativ sind leistungsfähige externe Positioniersteuerungen erhältlich. Eine optimale Anpassung an die Drehmoment- und Drehzahl Anforderungen wird durch ein breites Spektrum an Planeten- und Schneckengetrieben ermöglicht. Abgerundet wird das modulare System durch weitere Komponenten wie Bremsen und Absolutwertgeber.

Der Motor ist optional mit Quasi-Absolutwertgeberfunktion und Puls-Richtungsschnittstelle erhältlich.



| Overview of integrated electronic functionalities / Übersicht integrierte Elektronikfunktionalitäten |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  | BG 75 SI   | BG 75 PI   | BG 75 CI   | BG 75 MI   |
| Hardware/<br>Hardware  | dig. 16-Bit µC                                     | dig. 16-Bit µC   | dig. 16-Bit µC   | dig. 16-Bit µC   |
| Operation modes/<br>Betriebsmodi   | Speed / Drehzahl                                   | Speed / Drehzahl<br>Position / Position<br>Torque / Drehmoment | Speed / Drehzahl<br>Position / Position<br>Torque / Drehmoment | freely selectable /<br>frei wählbar                        |
| Commutation/<br>Kommutierung   | sinus  | sinus  | sinus  | sinus  |
| Speed range/<br>Drehzahlbereich (rpm)  | 1... Rated speed / Nenn Drehzahl                   |  |  |  |
| Positioning accuracy/<br>Positioniergenauigkeit  | -  | ± 1°   | ± 1°   | ± 1°   |
| Pulses per rev/<br>Puls-Ausgang  | 12   | 12   | selectable / wählbar<br>(4096/rd)                              | selectable / wählbar<br>(4096/rd)                          |
| Control/<br>Bedienung  | I/Os   | I/Os   | CANopen, I/Os  | CANopen, I/Os,<br>State Machine                            |
| I/Os/<br>I/Os  | 4 dig. Inputs,<br>2 dig. Outputs,<br>1 anal. Input | 5 dig. Inputs,<br>2 dig. Outputs,<br>1 anal. Input             | 5 dig. Inputs,<br>3 dig. Outputs,<br>1 anal. Input,<br>CAN     | 5 dig. Inputs,<br>3 dig. Outputs,<br>1 anal. Input,<br>CAN |
| Parametrization/programming/<br>Parametrisierung/Programmierung                                      | Firmware/<br>Teaching                              | Parametrization<br>Software                                    | CANopen interface  | Application<br>Services Dep.<br>at Dunker                  |

## BG 75 SI, 220 - 450 W

**SPEED CONTROLLER  
INTEGRATED**

| Versions of BG 75 SI / Ausführungen BG 75 SI                                       | Page / Seite |
|--|--------------|
| Controllers / Regelelektroniken  |              |
| - integral 4Q speed controller / mit integrierter 4Q-Steuerungselektronik (BG75SI) | 48           |
| Integral encoder / Integrierter Geber  | 78           |
| With absolut encoder / Mit Absolutwertgeber  | 80           |
| With gearbox / Als Getriebemotor   | 63           |
| With brake / Als Bremsmotor  | 76           |
| Standard / Standard    On request / auf Anfrage                                    |              |

- BG 75 Motor with integrated speed controller for 4Q operation
- The target speed can be set using a 0...+10V analog voltage input
- There are two further digital inputs for selecting the four operating conditions: rotation clockwise/ counterclockwise, controller block, and stop with holding torque
- In addition, there are digital outputs, which provide a pulsed output with 12 impulses per revolution and a direction of rotation signal (e.g. for monitoring position and speed) and an error signal
- Two fixed speeds and acceleration and de-acceleration ramps can be stored
- High positions accuracy and excellent control characteristics due to an integral magnetic encoder with a resolution of 4x1024 pulses per round
- The motor operates with sinus commutation
- The motor is supplied as a standard with two connection plugs (power stage and logic)

For further technical data and information on terminal assignment, please see the operating manual at [www.dunkelmotoren.com](http://www.dunkelmotoren.com) (downloads).

NOTE: The mating connector with cable is not in scope of supply (see accessories page 81).

- Motor BG 75 mit integriertem Speedcontroller für 4-Quadrantenbetrieb
- Die Drehzahl Sollwertvorgabe erfolgt standardmäßig über einen Analogspannungseingang 0...+10V
- Über zwei digitale Eingänge lassen sich die vier Betriebszustände Drehrichtung rechts, Drehrichtung links, Reglersperre und Stopp mit Haltemoment auswählen
- Weitere digitale Ausgänge sind herausgeführt, womit ein Pulsausgang mit 12 Impulsen pro Umdrehung, ein Drehrichtungssignal (z.B. für Positions- und Geschwindigkeitsüberwachung) und ein Störungssignal zur Verfügung stehen
- Das Abspeichern von 2 festen Geschwindigkeiten und Hochlauf- und Bremsrampe ist möglich
- Durch den integrierten magnetischen Geber mit einer Auflösung von 4x1024 Impulsen pro Umdrehung werden ein großer Drehzahlbereich und eine hohe Positioniergenauigkeit erreicht
- Der Motor wird mit Sinuskommutierung betrieben
- Der Motor ist standardmäßig mit 2 Anschlusssteckern versehen (Leistung, Logik)

Weitere technische Daten sowie Informationen zur Anschlussbelegung finden Sie in der Betriebsanleitung bei [www.dunkelmotoren.de](http://www.dunkelmotoren.de) (downloads).

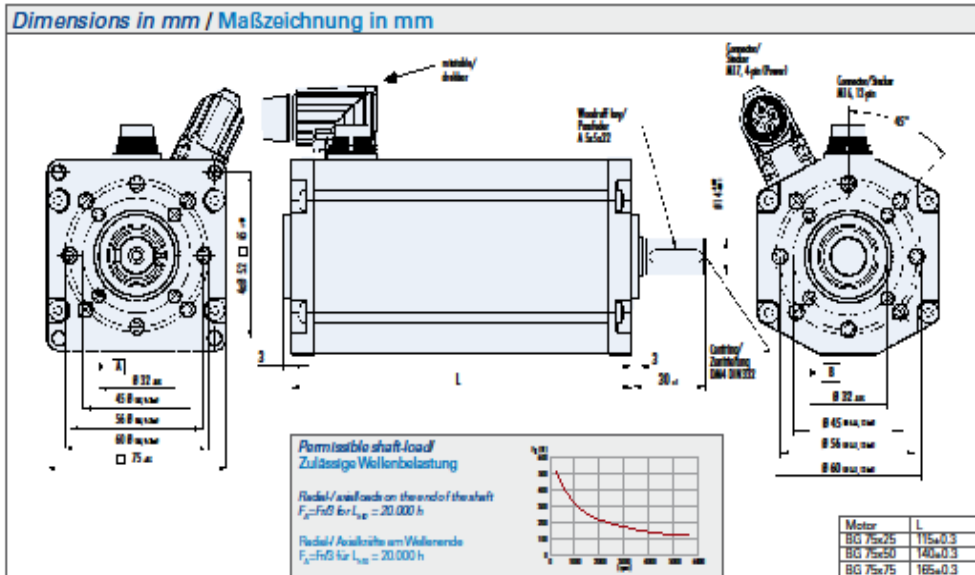
HINWEIS: Gegenstecker mit Anschlussleitung nicht im Lieferumfang enthalten. (siehe Zubehör auf Seite 81)



| Data / Technische Daten  |                  | BG 75x25 SI                      | BG 75x50 SI | BG 75x75 SI |
|--|------------------|----------------------------------|-------------|-------------|
| Rated voltage / Nennspannung                                       | VDC              | 24                               | 40          | 40          |
| Continuous rated speed / Nenndrehzahl                              | rpm*)            | 3900                             | 3820        | 3700        |
| Continuous rated torque / Nenndrehmoment                           | Ncm*)            | 61                               | 71          | 116         |
| Continuous current / Nennstrom                                     | A*)              | 12.2                             | 8.3         | 11.2        |
| Starting torque / Anlaufmoment                                     | Ncm**)           | 195                              | 250         | 410         |
| Peak current / Zulässiger Spitzenstrom                             | A**)             | 50***)                           | 50***)      | 50***)      |
| Rotor inertia / Trägheitsmoment                                    | gcm <sup>2</sup> | 240                              | 240         | 620         |
| Weight of motor / Motorgewicht                                     | kg               | 1.6                              | 1.6         | 2.8         |
| Recommended speed control range / Empfohlener Drehzahlregelbereich | rpm              | 1 ... Rated speed / Nenndrehzahl |             |             |

\*)  $\Delta\theta_m = 100$  K; \*\*)  $\theta_a = 20^\circ\text{C}$ ; \*\*\*) limited by software / durch Software begrenzt

## BG 75 SI, 220 - 450 W

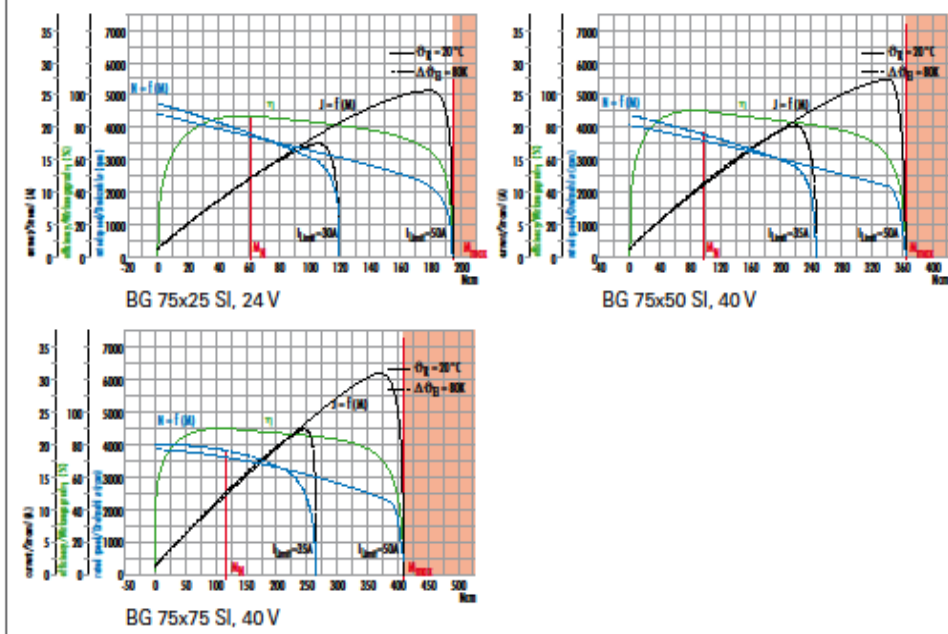


### Pin assignment / Pinbelegung

| 12-Pin | Signal | 4-Pin | Signal                 |
|--------|--------|-------|------------------------|
| A      | IN0    | G     | AI+                    |
| B      | IN1    | H     | AI-                    |
| C      | IN2    | J     | U <sub>1</sub> (24V) P |
| D      | IN3    | K     | GND (0V)               |
| E      | OUT1   | L     | n.c.                   |
| F      | OUT2   | M     | n.c.                   |

### Characteristic diagram / Belastungskennlinien

In accordance with EN 60034  
 Belastungskennlinien gezeichnet nach EN 60034



25.2. Certificado de calidad del motor [15]





### 25.3. Catálogo de la batería [16]

Powered by



## EVX 12120 ▶ 12V 12Ah

EVX 12120 is designed specially for electric vehicles, such as electric golf cart, electric wheelchair, mower, dust collector...etc. It has high cycling life, high efficiency and long service life.



#### Specification

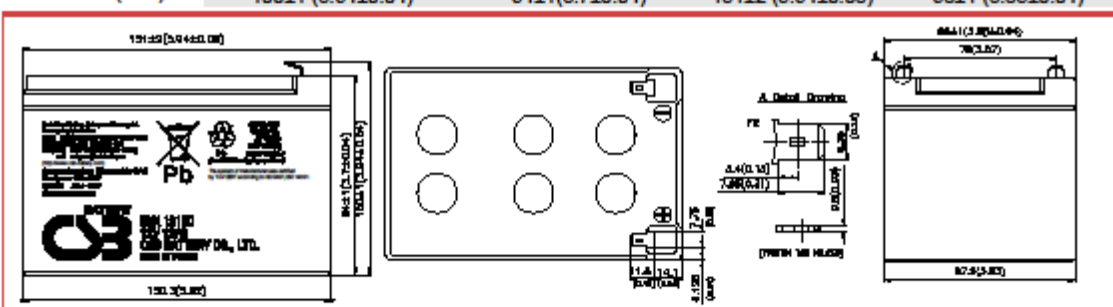
|  |   |
|--|---|
| Cells Per Unit                             | 6   |
| Voltage Per Unit                           | 12  |
| Capacity                                   | 12Ah @ 20hr-rate to 1.75V per cell @25°C (77°F)   |
| Weight                                     | Approx. 3.83 kg (8.44 lbs)  |
| Maximum Discharge Current                  | 150A/180A(5sec)   |
| Internal Resistance                        | Approx. 18.5 mΩ   |
| Operating Temperature Range                | Discharge: -15°C~50°C ( 5°F~122°F)<br>Charge: -15°C~40°C ( 5°F~104°F)<br>Storage: -15°C~40°C ( 5°F~104°F)   |
| Nominal Operating Temperature Range        | 25°C±5°C (77°F±5°F)   |
| Float Charging Voltage                     | 13.5 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C (77°F)  |
| Recommended Maximum Charging Current Limit | 3.6A  |
| Equalization and Cycle Service             | 14.4 to 15.0 VDC/unit Average at 25°C (77°F)  |
| Self Discharge                             | CSB Batteries can be stored for more than 6 months at 25°C (77°F). Please charge batteries before using. For higher temperatures the time interval will be shorter. |
| Terminal                                   | F1/F2-Faston Tab187/250   |
| Container Material                         | ABS(UL 94-HB/File E50263)*Flammability resistance of (UL 94-V0/File E88637) can be available upon request.  |



CSB-manufactured VRLA batteries are UL-recognized components under UL824 and UL1989.

CSB is also certified by ISO 9001 and ISO 14001.

| Dimensions :    | Overall Height (H) | Container height (h) | Length (L)        | Width (W)        |
|-----------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------|
| Unit: mm (inch) | 100±1 (3.94±0.04)  | 94±1(3.7±0.04)       | 151±2 (5.94±0.08) | 98±1 (3.85±0.04) |



#### Constant Current Discharge Characteristics Unit:A (25°C, 77°F)

| F.V/Time | 30MIN | 60MIN | 90MIN | 2HR  | 3HR  | 4HR  | 5HR  | 8HR  | 10HR | 20HR  |
|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1.60V    | 12.8  | 7.52  | 5.46  | 4.32 | 3.14 | 2.45 | 2.06 | 1.36 | 1.13 | 0.655 |
| 1.67V    | 12.7  | 7.45  | 5.45  | 4.29 | 3.10 | 2.44 | 2.05 | 1.35 | 1.12 | 0.633 |
| 1.70V    | 12.6  | 7.40  | 5.41  | 4.28 | 3.09 | 2.43 | 2.04 | 1.34 | 1.11 | 0.615 |
| 1.75V    | 12.4  | 7.36  | 5.36  | 4.25 | 3.07 | 2.41 | 2.01 | 1.33 | 1.09 | 0.600 |
| 1.80V    | 12.0  | 7.18  | 5.28  | 4.17 | 3.00 | 2.38 | 1.99 | 1.32 | 1.07 | 0.585 |
| 1.85V    | 11.3  | 6.89  | 5.08  | 3.99 | 2.90 | 2.30 | 1.92 | 1.27 | 1.04 | 0.570 |

#### Constant Power Discharge Characteristics Unit:W (25°C, 77°F)

| F.V/Time | 30MIN | 60MIN | 90MIN | 2HR  | 3HR  | 4HR  | 5HR  | 8HR  | 10HR | 20HR |
|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.60V    | 146   | 86.1  | 63.4  | 50.5 | 36.8 | 29.3 | 24.4 | 16.2 | 13.4 | 7.13 |
| 1.67V    | 146   | 85.7  | 62.9  | 50.1 | 36.6 | 29.1 | 24.3 | 16.1 | 13.3 | 7.09 |
| 1.70V    | 144   | 85.2  | 62.7  | 50.0 | 36.4 | 28.9 | 24.2 | 16.0 | 13.2 | 7.06 |
| 1.75V    | 143   | 84.9  | 62.3  | 49.5 | 36.2 | 28.8 | 23.9 | 15.9 | 13.1 | 7.01 |
| 1.80V    | 140   | 83.5  | 61.2  | 49.0 | 35.7 | 28.5 | 23.7 | 15.7 | 12.9 | 6.87 |
| 1.85V    | 132   | 80.0  | 59.4  | 47.4 | 34.5 | 27.7 | 23.0 | 15.2 | 12.5 | 6.66 |

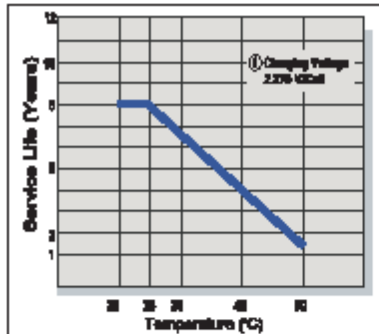
RA: 1008

# EVX12120

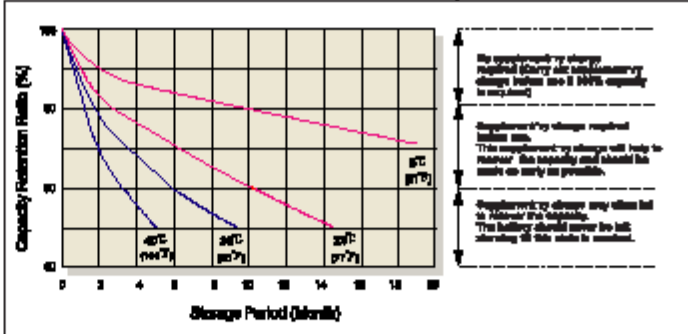
12V 12Ah



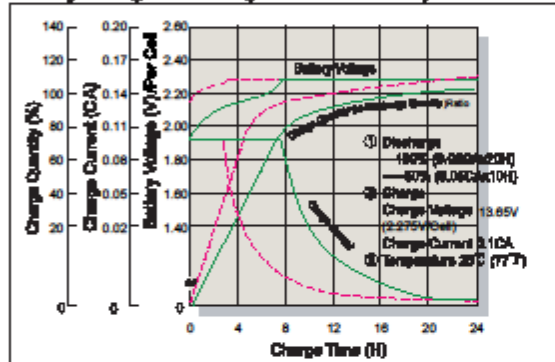
Trickle (or Float) Service Life



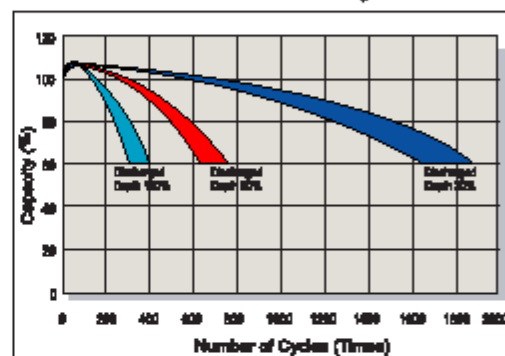
Capacity Retention Characteristic



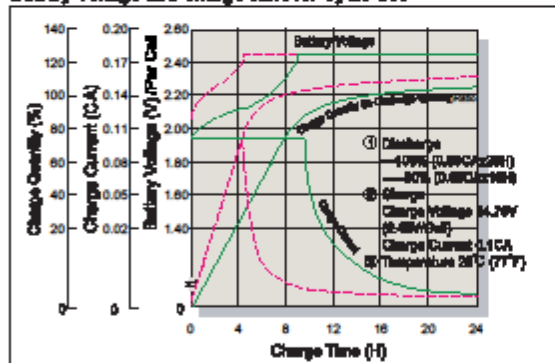
Battery Voltage and Charge Time for Standby Use



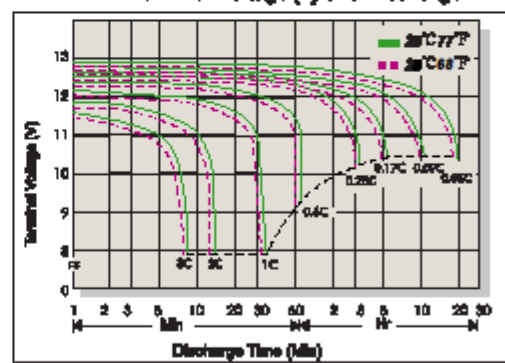
Series Cycle Service Life



Battery Voltage and Charge Time for Cycle Use



Terminal Voltage (V) and Discharge Time



Charging Procedures

| Application | Charge Voltage(V/Cell) |           |                 | Max.Charge Current |
|-------------|------------------------|-----------|-----------------|--------------------|
|             | Temperature            | Set Point | Allowable Range |                    |
| Cycle Use   | 25°C(77°F)             | 2.45      | 2.40-2.50       | 0.3C               |
| Standby     | 25°C(77°F)             | 2.275     | 2.25-2.30       |                    |

Discharge Current VS. Discharge Voltage

| Final Discharge Voltage V/Cell | 1.75    | 1.70         | 1.60         | 1.50     |
|--------------------------------|---------|--------------|--------------|----------|
| Discharge Current(A)           | 0.2C(A) | 0.2C(A)<0.5C | 0.5C(A)<1.0C | (A)>1.0C |

Sales Office URL: [WWW.CSB-BATTERY.COM](http://WWW.CSB-BATTERY.COM)

**GLOBAL HQ**  
CSB BATTERY CO., LTD. (TAIWAN)  
Tel : +886-2-2555-5600  
Fax : +886-2-2555-3300  
mail : service@csb-battery.com.tw

**BEIJING OFFICE. (CHINA)**  
CSB BATTERY TECHNOLOGIES (BEIJING) CO., LTD.  
Tel : +86-10-59621300/1301/1302/1303  
Fax : +86-10-59621304  
mail : chinasis@csb-battery.com

**AMERICA HQ**  
CSB BATTERY TECHNOLOGIES INC. (U.S.A)  
Tel : +1-817-244-7777/1-(800)3-CSB-USA(272672)  
Fax : +1-817-244-4445  
mail : csb@csb-battery.com

**SHANGHAI OFFICE. (CHINA)**  
CSB BATTERY LOGISTIC (SHANGHAI) CO., LTD.  
Tel : +86-21-5046-1622/5046-0833  
Fax : +86-21-5046-3314  
mail : chinasis@csb-battery.com

**EUROPE HQ**  
CSB Battery Europe BV.  
Tel : +31(0)-180-418-140  
Fax : +31(0)-180-418-327  
mail : eurosales@csb-battery.eu  
**SHENZHEN OFFICE. (CHINA)**  
CSB BATTERY LOGISTIC (SHANGHAI) CO., LTD.  
Tel : +86-755-8831-6488/6396/6356  
Fax : +86-755-8831-6548  
mail : she@csb-battery.com.cn

## 25.4. Catálogo del interruptor [18]

**CURTIS / Albright**

**ELECTRIC VEHICLE DC CONTACTORS**

**SW180 & SW190 SERIES**



**CURTIS**



**SW180**  
Single pole on/off  
contactor

**SW181**  
Single pole changeover  
contactor

**SW182**  
Paired changeover  
contactor

**DC182**  
Monoblock single pole  
double throw contactor

**SW190**  
Double pole  
on/off contactor

**SW192**  
Paired double pole  
on/off contactor

### UNIQUE RANGE

The SW180 series of contactors has been designed for varied current loads, particularly motors as used on electric vehicles such as industrial trucks, airport tractors, etc. They have double breaking main contacts with silver alloy contact tips, which are weld resistant, hard wearing and have excellent conductivity.

The range comprises: Single Pole on/off types (SW180); Double Pole on/off types (SW180); Single Pole, changeover types (SW181); Single Pole, normally closed types (SW185) and paired versions of these for motor reversing (SW182, DC182 and SW192).

### COMPACT SIZE

The contactors are compact in size and are fully serviceable, with a full range of spare parts available.

### EASY INSTALLATION

Mounting is by means of firmly spaced holes in the switch frame together with a range of mounting brackets compatible with screws and washers.

Coil connections are by means of 6mm spaces of which two are supplied per terminal.

Contactors types SW182, DC182, SW190, SW192, SW184, SW185 and SW189 are supplied as an assembly which includes a mounting bracket as a standard feature.

Mounting dimensions are indicated in the drawings on the following pages.

### OPERATING COILS

Coil voltages ranging from 6 to 240 are available and these are wound for D.C. operation.

However, coils can be fitted with a bridge rectifier for use from A.C. supplies.

Coils are normally wound for intermittent duty (up to 70% 'on' time) but continuous duty versions (100%) are also available.

### CONTACTORS IN THE SERIES

|  |  |
|--|--|
| <b>SW180</b> SINGLE POLE SINGLE THROW  | <b>SW184</b> 2 x SW180 ON DOUBLE BRACKET                           |
| <b>SW181</b> SINGLE POLE DOUBLE THROW  | <b>SW185</b> SINGLE POLE SINGLE THROW (normally closed)            |
| <b>DC182</b> MONOBLOCK SINGLE POLE DOUBLE THROW (for motor reversing)                | <b>SW189</b> 2 x SW185 ON DOUBLE BRACKET                           |
| <b>SW182</b> PAIRED SINGLE POLE DOUBLE THROW ON DOUBLE BRACKET (for motor reversing) | <b>SW190</b> DOUBLE POLE SINGLE THROW                              |
| <b>DC184</b> MONOBLOCK 2 x SW180   | <b>SW192</b> PAIRED DOUBLE POLE SINGLE THROW (for motor reversing) |

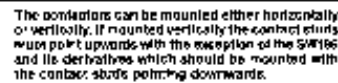
**CURTIS INSTRUMENTS, INC.**

200 KISCO AVENUE • MT. KISCO, NY 10549 USA • TEL (914) 666-2971 • FAX (914) 666-2188

[www.curtisinstruments.com](http://www.curtisinstruments.com)



\_\_\_\_\_



The Normally Closed contacts of the SW181 and SW182 are not designed to make and break current.

All dimensions  
in millimetres

## CONNECTION DIAGRAMS

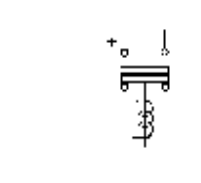
### SW180

Single Pole Single Throw (On/Off) Contactor



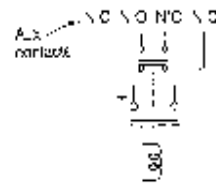
### SW181

Single Pole Double Throw (Changeover) Contactor



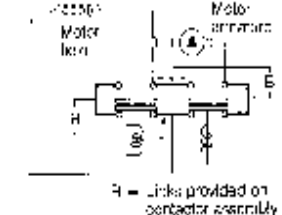
### SW185

Single Pole Single Throw (Df/Dn) Normally Closed Contactor



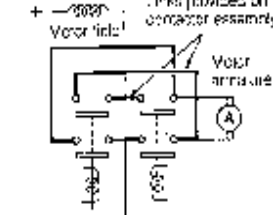
### SW182

Paired Single Pole Double Throw Contactor. Complete with necessary links for motor reversing



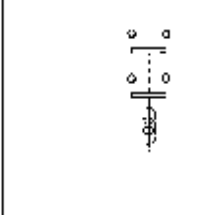
### SW192

Paired Double Pole Single Throw Contactor complete with links for motor reversing

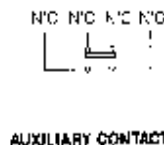
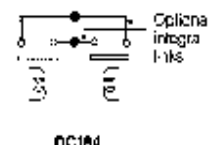
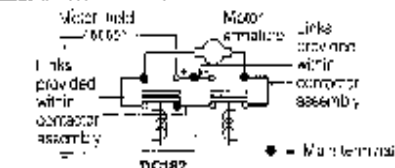


### SW190

Double Pole Single Throw Contactor



### DC182 AND DC184



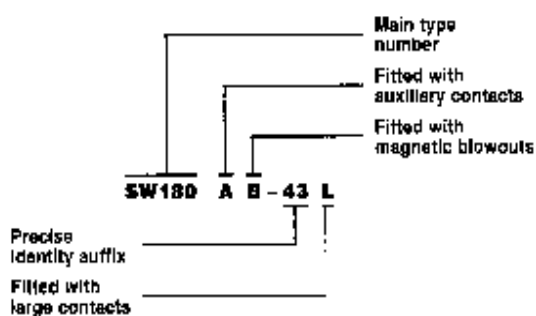
## CONTACTOR WEIGHTS

Add 20 gms for each auxiliary

Add 50 gms for each set of blowout magnets

|       |         |       |          |       |          |       |          |       |          |
|-------|---------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| SW180 | 640 gms | SW182 | 1680 gms | SW185 | 855 gms  | SW190 | 760 gms  | DC182 | 660 gms  |
| SW181 | 780 gms | SW184 | 1350 gms | SW192 | 1000 gms | SW192 | 1660 gms | DC184 | 1450 gms |

## EXPLANATION OF CONTACTOR TYPE NUMBERS



|       | Auxiliary Contacts | Magnetic Blowout | Motor Reversing | Large Contacts | Blowout Contacts |
|-------|--------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| SW180 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |
| SW181 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |
| SW182 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |
| SW185 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |
| SW190 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |
| SW192 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |
| DC182 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |
| DC184 | 0                  | 0                | 0               | 0              | 0                |

0 = Not fitted, 1 = Fitted, 2 = Standard feature, N = Not available

Transformación de una mini-moto de gasolina a eléctrica: estudio y modelado

**COIL RESISTANCES FOR POPULAR VOLTAGES**

|                                   | 12V DC | 24V DC | 36V DC | 48V DC | 60V DC | 72V DC | 80V DC |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Intermittently rated coils (ohms) | 5      | 17     | 44     | 72     | 102    | 150    | 212    |
| Continuously rated coils (ohms)   | 13     | 41     | 102    | 150    | 282    | 427    | 497    |

**PERFORMANCE DATA**

Thermal current rating (100%) 150 Amperes

Intermittent current rating

|          |             |
|----------|-------------|
| 30% duty | 275 Amperes |
| 40% duty | 240 Amperes |
| 50% duty | 225 Amperes |
| 60% duty | 200 Amperes |
| 70% duty | 180 Amperes |

Typical fault currents which can be ruptured (5ms min. contact)

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| SW180 and SW185              | 1000 Amperes at 48V D.C. |
| SW180B and SW185B            | 1000 Amperes at 96V D.C. |
| SW181*, SW182* and DC182*    | 1000 Amperes at 48V D.C. |
| SW181B*, SW182B* and DC182B* | 1000 Amperes at 96V D.C. |
| SW190 and SW192              | 1000 Amperes at 50V D.C. |
| SW190B and SW192B            | 600 Amperes at 120V D.C. |

\* Normally open contacts, not normally closed contacts

Maximum recommended contact voltages

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| SW180 and SW185              | 48V D.C.  |
| SW180B and SW185B            | 96V D.C.  |
| SW181*, SW182* and DC182*    | 48V D.C.  |
| SW181B*, SW182B* and DC182B* | 96V D.C.  |
| SW190 and SW192              | 96V D.C.  |
| SW190B and SW192B            | 120V D.C. |

Typical voltage drop across contacts per 100 Amperes

|   |      |
|---|------|
| SW180 and SW185                                   | 30mV |
| SW190 and SW192                                   | 40mV |
| SW181, SW182 and DC182 (normally open contacts)   | 30mV |
| SW181, SW182 and DC182 (normally closed contacts) | 40mV |

Mechanical life  $> 5 \times 10^4$

Coil power dissipation

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Intermittently rated types | 30-40 Watts |
| Continuously rated types   | 10-15 Watts |

Maximum pull-in voltage (coil at 20°C)

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Intermittently rated types | 60%V |
| Continuously rated types   | 66%V |

Typical drop-out voltage 10-20%V

Pull-in time approx (no contacts to close) 30ms

Drop-out time approx (no contacts to open)

|  |      |
|--|------|
| Without suppression                          | 8ms  |
| With diode suppression                       | 60ms |
| With diode and resistor (depending on value) | 75ms |

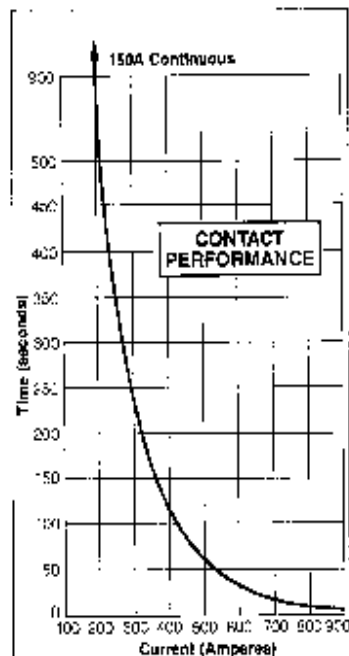
Make contact changeover time (SW181, SW182 and DC182)

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| Normally closed to normally open | 12ms |
| Normally open to normally closed | 5ms  |

Typical contact bounce period 3ms

Auxiliary contact thermal current rating 5 Amperes

|   |                   |
|---|-------------------|
| Auxiliary contact switching capability (resistive load) | 5A at 24V D.C.    |
|   | 2A at 48V D.C.    |
|   | 0.5A at 240V D.C. |



All the performance data figures should be used as a guide only. Alternative ratings may be considered according to applications.



is a trademark of Curtis Instruments, Inc.

Specifications subject to change without notice

©2008 Curtis Instruments, Inc.

50155 REV A 4/08

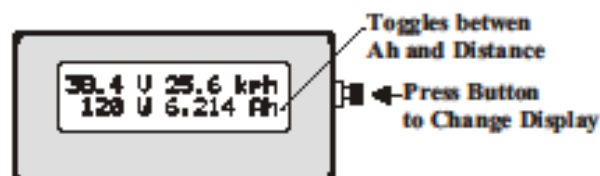
Manufactured in the UK by Albright International Ltd. and Distributed in the USA by Curtis Instruments, Inc.

## 25.5. Catalogo del medidor de corriente y tensión [20]

Congratulations on your purchase of a Cycle Analyst, the first digital dashboard and battery monitor designed to the specific requirements of electric bicycles, scooters, and other small electric vehicles. This device measures the energy consumption and speed of a vehicle, and displays this information and related statistics on an easy-to-read backlit LCD screen. When appropriately wired to a motor controller, it is also capable of imposing a custom speed, current, or low voltage limit, by regulating the throttle signal. We hope that you find it a useful accessory that optimizes the experience of your electric vehicle.

### 1. Basic Usage

The Cycle Analyst will turn on automatically when more than 15V appears across the circuit, and will turn off when this voltage is removed. The default screen shows 5 pieces of information that are most relevant to the rider. This includes three instantaneous quantities: the voltage of the battery pack, the power output in watts, and the speed of the vehicle; as well as two accumulated quantities: trip distance and net amp-hours (Ah) from the battery.



A quick press of the button will show other display screens of interest, while a long button press will reset trip statistics. The 2nd display shows just the electrical information on the battery pack, including the current in amps.



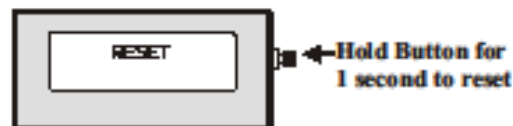
Additional button presses scroll through a total of 7 display screens, which are discussed in detail in **section 4**.

## 1.1 Asa Fuel Gauge

Amp-hours (Ah) are the 'fuel' equivalent of a battery pack, but rather than behaving like a fuel gauge and estimating how much fuel is left, the Cycle Analyst instead tells you exactly how much you have used, starting from 0 and counting upwards. For example, if you have an 8 Ah battery pack, and the CA shows 6.1 amp-hours consumed, you would know there are just under 2 amp-hours remaining in the battery. This will become quite intuitive after a few rides, and you will be able to gauge with high accuracy exactly when the pack will run flat.

## 1.2 Resetting

After you have recharged the battery pack, you should reset the trip statistics (Ah, Distance, and Time) to clear them all to zero. This is done by pressing and holding the button for 1 second, until the message "Reset" shows up across the display.

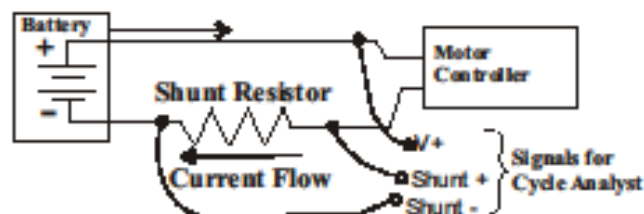


## 1.3 Saving

The Cycle Analyst will automatically save all the statistics when power from the battery pack is cut out. This allows you to turn off the vehicle at any time and turn it on later without losing data.

## 2. Device Summary

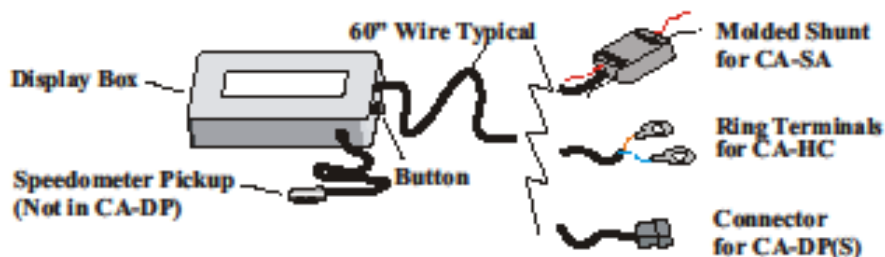
Like most electric monitoring devices, the Cycle Analyst measures the battery current in amps by amplifying the small voltage produced when current is made to flow across a shunt resistor.





This shunt resistor must be wired in series with the negative lead of the battery pack. The power to run the CA device then comes from the connection to the positive lead of the battery.

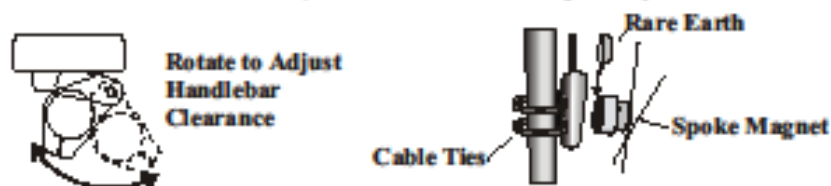
The Stand Alone Cycle Analyst (CA-SA) includes a molded shunt capable of 45 amps of continuous current (100 amps peak), while the Direct Plug-in models (CA-DP or -DPS) requires access to the shunt resistor inside your motor controller. The High Current model (CA-HC) is supplied with terminals to connect to a larger user-supplied shunt.



The Cycle Analyst picks up the vehicle speed information using either a spoke magnet, or in the case of the CA-DP device, through the hall sensor signals from a brushless motor controller.

### 3. Installation

The Cycle Analyst display box comes with a mounting bracket for installation on the handlebar of your bicycle. This bracket has pivoting arm that allows the box to be raised high above the tube for clearance from other devices if necessary. Use rubber shims as required around the tube if the clamp diameter is too large for your bar.

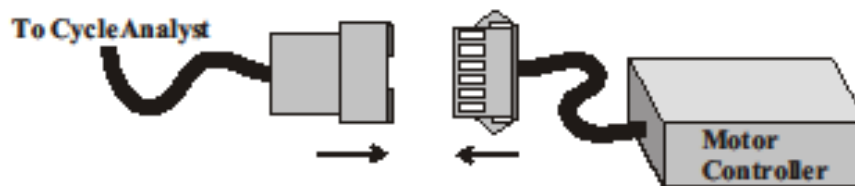


In the case of the CA-SA, CA-DPS, and CA-HC models, there is also a speedometer pickup cable and spoke magnet. The pickup attaches to the fork with two cable ties, and must be mounted to pass within 1mm of the magnet for the speed readings to register. The optional rare earth magnet is included to allow for much greater clearance.

The remaining installation details depend on the model:

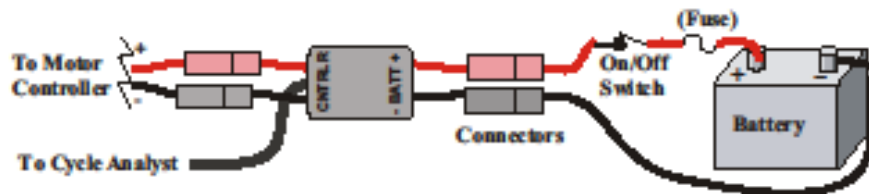
### 3.1 Wiring of the CA-DP(S)

With the Direct Plug models, simply plug the 6-pin connector of the CA into the matching 6-pin connector on the motor controller. Because there are large voltages present through this connector, it is a good idea to protect the pins with dielectric grease, particularly if it will be exposed to wet conditions.



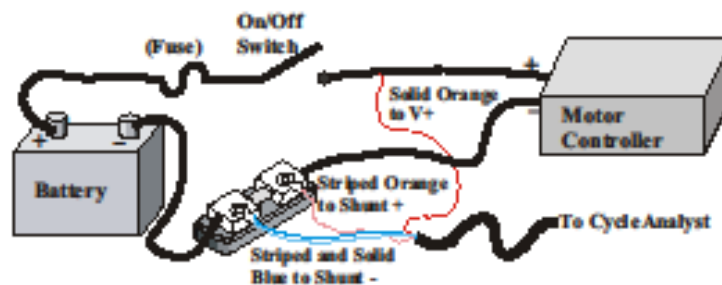
### 3.2 Wiring of the CA-SA

With the Stand Alone version, wire the molded shunt in between your battery and the motor controller. This is most conveniently done by attaching connectors on the shunt leads which match your battery connectors. If you have a switch in the system, it is best to wire the shunt after the switch so that the Cycle Analyst powers down.



### 3.3 Wiring of the CA-HC

The High Current model attaches to a 3<sup>rd</sup> party shunt resistor as per the following diagram:





## 4. Display Information

In addition to the screens discussed in **section 1**, there are 5 others that show a range of statistical information relating to the energy use of your vehicle.

### 4.1 Display Screen #3 - Power Information

**Watt-hrs:** This is a measure of the total energy that has been pulled out of the battery pack. One watt-hour is 1/1000th of a kWh and slightly less than one food calorie. To a first approximation, the watt-hours available from a battery should be equal to the voltage of the pack multiplied by its amp-hours, but it will typically be less than this because of voltage droop caused by large current draw. Notice that only the positive watt-hours pulled from the pack are recorded. During regenerative braking when the watts are negative, the watt-hours value does not decrease.

**Wh/km or Wh/mi:** The watt-hours used per unit of distance travelled is a measure of the average energy efficiency of your vehicle. With this figure, you can readily quantify how different riding styles impact your range and predict with high accuracy the expected travel distance with any particular battery pack.

The Wh/km or Wh/mi figure is calculated taking into account current that may have flowed back into the battery pack from regenerative braking. The actual formula used is:

$$\frac{Wh}{Dist} = Wh \left( \frac{FwdAh - RegenAh}{FwdAh} \right) \frac{1}{Dist}$$

In order to reduce computational round-off errors, the figure only displays after a total distance of 0.5 km or mi has been travelled.

### 4.2 Display Screen #4 - Regenerative Braking

The next screen shows information that pertains to negative current, that is current flowing into the battery pack.

**% Regen:** The percent regen indicates by how much your range was extended as a result of energy returned to the battery from regenerative current. Most direct drive vehicles that do not have





explicit regen braking can still produce negative current when they are driven at high speeds. As well, vehicles with a freewheel in the drive could regenerate for brief periods from the energy stored in the motor's inertia. The formula used for computing this percentage is:

$$\% \text{Regen} = \frac{\text{RegenAh}}{\text{FwdAh} - \text{RegenAh}} \times 100$$

**Fwd Ah and Regen Ah** : The actual forward amp hours and regen (negative) amps hours to the nearest 0.0001 Ah alternate on the right side of the screen. The net amp-hours shown on the main display is the difference between these two.

### **4.3 Display Screen #5 - Peak Statistics**

The peak electrical statistics yield information that is useful to understanding the electrical limits that the battery is subject to.

**Amin:** Peak negative or regen current that was captured by the meter.

**Amax:** Maximum amperage that was drawn from the battery.

**Vmin:** The voltage of a battery pack will sag, sometimes considerably, when it is under heavy load. Vmin is a local minimum measurement that shows by how much your packs voltage droops. Typically Vmin and Amax occur at the same point, and the maximum power draw can be computed from Vmin\*Amax.

### **4.4 Display Screen #6 - Speeds and Time**

**Smax and Savg:** The maximum and average speed of the vehicle in the programmed units of km/hr or mi/hr.

**0h00m00s:** This is the trip time in hours, minutes, and seconds. It counts only the time that the vehicle is in motion, and stops incrementing once the speed falls to zero.

### **4.4 Display Screen #7 - Lifecycle Statistics**

The final display screen provides the lifetime information of the battery pack. These figures are especially useful in computing the lifecycle costs of the vehicle and comparing the economics of different battery chemistries. This display is not shown when the vehicle is in motion.



**Cycl:** The cycles value increments when the meter is reset. Provided that the meter is reset each time the battery is charged then this will indicate the number of charge and discharge cycles on the pack. In order to prevent false cycle counts from cases where frequent resetting is performed, the value is only incremented if more than 1.6 amp-hours was drawn at the time of the reset.

**TotAh:** The total battery amp-hours is a running sum of battery use over its life to the nearest 1Ah.

**TotMi** or **TotKm:** This is the odometer function, showing the total distance that has been travelled on the battery pack.

## 5. Additional Resetting Options

In addition to a regular reset to clear the trip distance, time, and amp-hour data (see Section 1.2), there are two other reset possibilities.

### 5.1 Peak Reset

In some instances for diagnostic and performance testing, it is desirable to clear only the peak statistics (Amax, Amin, Vmin, and Smax) without resetting anything else. This can be accomplished by holding the reset button when the display is showing Amin, Amax, and Vmin. The message "PEAK STATS RESET" will appear on the screen and only the previously mentioned values will be cleared.

### 5.2 Full Reset

When it is time to switch battery packs, then the battery cycle count, lifetime amp-hours, and total distance can be zeroed by performing a full reset on the system. This is accomplished by continuing to hold the button for 6 seconds after "RESET" is displayed. The message "FULL RESET" will appear to indicate that all stored data has been cleared from memory. Notice that a Full Reset does not restore any of the gain or calibration values that may have been changed in the setup menu. The default values for these are shown in Section 8.

## 6. Setup Menu

There are many setup options that can be accessed by holding down the button while the unit is being powered on. After the splash screen you will see the text "SETUP", at which point you can let go of the button.



Once entered, navigate through the setup options with 1 button in the following manner:

**Press** the button briefly to toggle the information at hand.  
(arrow key)

**Hold** the button down for one second to save that information.  
(enterkey)

### 6.1 Select your units:

The first setup option is to choose between displaying in miles or kilometers. If you want to change the setting, hold the button until \_OK appears in the bottom right. Then pressing the button will toggle between mi or km, and holding the button again will save your selection and move to the next item.

### 6.2 Setting the wheel size

After units are input, you will be presented with 'Set Wheel' to input the circumference of the tire. To change this to your actual wheel size, hold the button until \_OK appears in the bottom right hand corner. Then the first digit will flash, and you can cycle it through 0-9 by pressing the button. When the correct value appears, hold down the button to save it and move on to the next digit.



The following table is a convenient reference on the circumference of several popular bicycle tire sizes. For highest accuracy, measure the actual circumference directly with a tape measurer or similar technique.

| Tire Size  | Circumference | Tire Size  | Circumference |
|------------|---------------|------------|---------------|
| 16 x 1.50  | 1185          | 26 x 1.25  | 1953          |
| 16 x 1 3/8 | 1282          | 26 x 1-1/8 | 1970          |
| 20 x 1.75  | 1515          | 26 x 1-3/8 | 2068          |
| 20 x 1-3/8 | 1615          | 26 x 1-1/2 | 2100          |
| 24 x 1-1/8 | 1795          | 26 x 1.50  | 2010          |
| 24 x 1-1/4 | 1905          | 700c x 23  | 2097          |
| 24 x 1.75  | 1890          | 700c x 28  | 2136          |
| 24 x 2.00  | 1925          | 700c x 32  | 2155          |
| 24 x 2.125 | 1965          | 700c x 38  | 2180          |

The next three setup items only matter to Cycle Analysts that have been wired with the throttle over-ride signal connected to the motor controller. The direct-plug in models already have this appropriately connected, but the Stand-Alone and High Current version require additional wiring for these settings to have any effect.

### 6.3 *SpeedLimit*

Set the maximum speed beyond which the motor controller will cease to provide useful output power. The CycleAnalyst will vary the throttle signal such that the vehicle will continue to cruise at this set point speed.

### 6.4 *VoltsLimit*

Program the low voltage rollback point for your battery pack. The Cycle Analyst will reduce power drawn from the controller in order to keep the battery voltage from dropping below this limit.

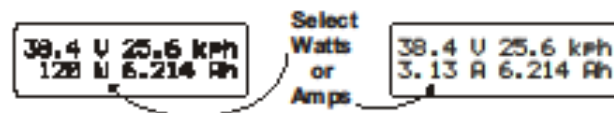
### 6.5 *MaxAmps*

Set the upper current limit. If the Cycle Analyst senses current above this value, it will scale down the throttle appropriately to reduce the amperage draw.



## 6.6 Main Display

Finally, the last setup option allows the user to select whether the primary display screen shows watts or amps in the bottom left corner, depending on the user preference. The 2<sup>nd</sup> display screen will always show both quantities.



## 7. Using the Limiting Features

There are many situations when it is desirable to limit the amount of power that the controller is able to draw from the battery pack. For instance, you might want a current limit in order to:

- A) Protect the cells in a battery pack from delivering more than their rated amperage
- B) Extend the range of your vehicle by reducing current draw during acceleration and hill climbing.
- C) Safely cycle at low current a NiMH or NiCad pack that has been sitting unused for a long period
- D) Keep the motor's power within a legally stipulated power limit

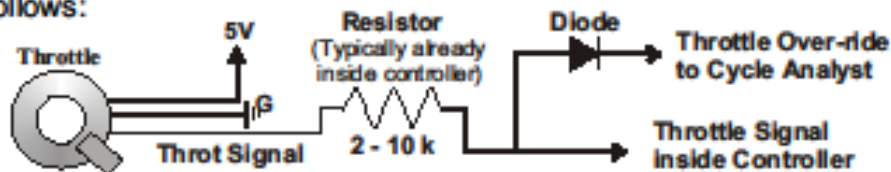
A speed limit can help make any electric bicycle abide by the legal speed caps that exist in most jurisdictions while not affecting performance below that speed. It can also be useful for extending the range or for taming a setup that is otherwise too fast for comfort, without sacrificing hill climbing torque.

The voltage limit is used primarily to prevent the battery pack from being over discharged which can be damaging to the cells. Typically, you would set it at 29-31V for a 36V pack, and 39-41V for a 48V pack.

### 7.1 How the feedback works

To understand how the limiting features work, just imagine how you would operate the throttle manually. If you are going over a desired speed limit, you would back off the throttle. If the vehicle then hit a hill and started to slow down from your target speed, you would further engage the throttle, thus continuously adjusting the throttle position to keep at your desired velocity.

The Cycle Analyst behaves similarly. When it senses that any one of the limiting quantities has been exceeded, then the throttle over-ride signal starts to decrease from its default resting value (usually between 4 to 5V, determined by  $I_{TermMax}$ ). A simple circuit is required so that the controller only sees the lower value of the throttle signal or the Cycle Analyst signal. This is generally achieved with a diode as follows:



There are various setup options which control the speed at which the Cycle Analyst responds to these signals. If the settings are too fast, then the control can be twitchy or oscillate around the desired value, while gain settings that are too low will cause a long lag time before the limiting kicks in.

## 7.2 PI Controller

Each of the three limiting features is implemented as a digital Proportional/Integral (PI) controller. The actual output for speed regulation is computed as follows:

```
Iterm = Previous Iterm + IntSGain*(Set Speed - Actual Speed)
Clamp: ItermMin < Iterm < ItermMax
Override = Iterm + PSGain*(Set Speed - Actual Speed)
```

Similar values are calculated with the current limit, and low voltage limit, and the smallest of the three over-ride terms is output as a voltage. If this output is less than the user's throttle voltage, then it is the Cycle Analyst which is ultimately controlling the vehicle.

## 7.3 Tuning the feedback

The ability of the Cycle Analyst to limit the speed, current, or low voltage in a fast yet smooth manner depends on setting the appropriate Gain terms for the feedback loop. The default values work well for ebike setups in the 300-600 watt power range. For more powerful systems, they will usually lead to the vehicle oscillating around the programmed set point rather than holding steady. In this case, it is necessary to tone down the appropriate feedback gains in the advanced setup menu.



## 8. Advanced Setup Menu

The advanced setup menu is accessed by pressing and holding the button when the message 'advanced' shows up at the end of the regular setup menu, and allows for setting less frequently changed parameters.

### 8.1 Range Mode

There are two mode settings that are available to accommodate the wide scope of electric vehicles. The high range mode should be used with shunts that are under 1mOhm, such as in electric motorcycles and small electric cars that draw hundreds of amps. In this mode, the Cycle Analyst will display current to the nearest 0.1 A and will show power in kW. For shunts that are over 1 mOhm but less than 10 mOhm, the LowRange mode must be selected. This will increase the resolution to 0.01 A.

### 8.2 Averaging

In an electric vehicle, the current and voltage can fluctuate rapidly under normal use, making the instantaneous values difficult to read. These values are averaged before display. Short averaging times allow you to get a better real time feel for the power fluctuations, while longer averaging times produce a stable reading that is easier to record. The range is 1-7, which correlates to 0.025 seconds to 1.6 seconds between display updates. The default setting is 5 (0.4 sec).

### 8.3 Set Rshunt

The Cycle Analyst is calibrated by programming a resistance value for the current sensing shunt. If you are using a known shunt resistor, then as a first estimate this value can be programmed directly in mOhm. This will usually get the meter accurate to within 3%. For highest accuracy, the shunt value should be calibrated so that the displayed amperage matches that of a known current reference, which may not be precisely the same as the mOhm rating on the resistor. If the current is reading too low, then the shunt resistance value needs to be decreased, and vice versa. Allowed values are:

0.763 to 9.999 mOhm in Low Range Mode  
0.0763 to 0.9999 mOhm in High Range Mode





#### 8.4 Zero Amps

Over time and with temperature fluctuations, it is possible for the zero point to drift, such that even when no current is flowing through the shunt a number like 0.03A is displayed. This can be reset to zero by holding down the button after the 'zero amps' screen until the OK flashes on the bottom right. Note though that many shunt materials, especially the wire shunts used in motor controllers, are prone to generating thermoelectric voltage for a short while after being used. This has the effect of producing what appears to be a lingering current that slowly decays back to zero, and it should not be confused for a current offset in the Cycle Analyst.

#### 8.5 Volts Sense

Changing this value will change the calibration for the voltage that gets displayed on the screen. The circuitboard uses a ~22:1 resistive voltage divider ratio, so that each volt that is read by the analog to digital converter is scaled by a factor of approximately 23 before being displayed on the screen. This value can be changed either for calibration or to display a voltage that is proportionally higher or lower than the voltage across the shunt.

#### 8.6 Set#Poles

For Direct Plug-in units, this should be set to the number of hall effect transitions per rotation of the wheel. Crystalyte 400 series hubs have 8 while the 5300 series hubs have 12. For units that use a speedometer sensor and spoke magnet, #poles should be set to 1, unless you have multiple magnets on the wheel. The #poles can range from 1-14. If your motor requires more than 14 poles, then you will have to compensate by reducing the wheel circumference.

#### 8.7 PSGain

This is the Proportional Speed Gain for the over-ride output. It can decrease the response time and reduce overshooting the set point speed, but at the risk of causing rapid vibrations if it is too high. The range can vary from 0 to 0.99 V/kph or V/mph. *Default = 0.08*





### 8.8 IntSGain

This value determines how rapidly the over-ride output will ramp down when the speed of the vehicle exceeds the limit speed. Increasing this value will speed up the response time for the speed control, but at the risk of causing oscillations. Too low of a value will allow considerable overshoot of the speed limit. The range of values is from 0 to 999, and the scaling is currently arbitrary. *Default = 200*

### 8.9 PAGain

This is the Proportional Current Gain for the over-ride output. In general it has been found that integral feedback alone is adequate for the current regulation, so this term can be set to zero without much detriment. Range from 0 to 0.99 V/A. *Default = 0.05 V/A*

### 8.10 IntAGain

This value determines how rapidly the over-ride output will ramp down when the current from the battery pack exceeds the programmed current limit. Too low of a value will result in considerable overshooting of the set point current, while too large of a Gain will cause the controller to oscillate above and below the limit. The range of allowable values is from 0 to 999. *Default = 300*

### 8.11 PVGain

This is the Proportional Voltage Gain for the over-ride output. Values can range from 0 to 0.99 V/V. *Default = 0.38 V/V*

### 8.12 IntVGain

This value determines how rapidly the over-ride output signal will scale down when the pack voltage falls below the set low voltage cutout. The range of allowable values is from 0 to 999, and the scaling is arbitrary. *Default = 800*

### 8.13 ITermMax

This puts an upper limit on how high the throttle over-ride will drift upwards when none of the limit values are being exceeded. Ideally this value is set to the voltage that is considered full throttle by the controller, which is often less than 5V. For hall effect throttles, full power occurs at about 4V, and limiting the ITerm to this value will speed up the response time of the limiting features. Allowable values are from 0 to 4.99V. *Default = 3.79 V*



### 8.14 *ITermMin*

This value imposes a lower limit on how low the throttle over-ride can drift downwards when one of the limiting values is being exceeded. By preventing the over-ride signal from going all the way to 0V, you can decrease the recovery time for the signal to go back upwards. Range from 0 to 4.99V, and must be less than *ITermMax*. *Default = 0.49V*

### 8.15 *MaxThrottle*

This value puts a maximum cap on the throttle output signal. It can be useful to simulate a lower speed motor by simply clamping the throttle signal to a value between 0 to 5V. Be aware that the majority of hall effect throttles only operate from 1V to 4V, and so the desired setting to reduce the speed would fall in this range less the diode voltage drop.

### 8.16 *SetRatio*

This is the amplification ratio between the high gain and low gain current amplifiers on the circuitboard. It is usually around 0.1, is factory calibrated, and should not be changed.

## 9. Operation in Wet and Cold Conditions

The Cycle Analyst enclosure contains a clear sealed window to protect the circuitboard and LCD from water exposure. There is no problem using the meter in light rain. However, in cases of prolonged exposure to wet conditions, it is possible for moisture to enter the box through the back cover which is not sealed. This can cause the window to fog up in cold conditions and render the display difficult to read. Should this occur, simply remove the back cover and let the unit dry thoroughly indoors so that the moisture can escape. When it is reassembled, you may consider using a sealant around the lip and screw holes to render the box fully waterproof.

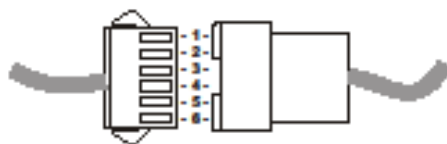
The LCD screen is specified to operate between -10°C to 50°C. At the colder end of the temperature range, the response time of the LCD segments is slow, and so rapidly changing digits and screen changes will appear as a blur. The underlying operation of the internal circuitry is unaffected.

## 10. Specifications

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Voltage Range:</b>      | 15-100V standard. 20-200V optional by custom order   |
| <b>Voltage Resolution:</b> | 0.1 V  |
| <b>Current Draw:</b>       | 7 mA   |
| <b>Current Range:</b>      | $\pm 200$ mV/Rshunt. For instance, with a 2 mOhm sense resistor, the maximum current is 100 amps. With a 0.5 mOhm sense resistor, up to 400 amps, and so forth |
| <b>Current Resolution:</b> | 0.01 A in low range mode, 0.1 A in high range mode   |
| <b>Current Accuracy:</b>   | Temperature coefficient and accuracy depend on the shunt and calibration. With the pre-calibrated Stand-Alone model, it is within 2% $\pm 0.06$ A              |
| <b>Ah and Wh:</b>          | Both forwards and negative amp-hours are limited to 199 Ah per trip, while the watt-hours can go up to 1999 Wh <sup>†</sup>                                    |
| <b>Speed Range:</b>        | Up to 600 kph or mph. There is an upper limit of about 1 kHz for the speed sensor input  |
| <b>Wheel Size:</b>         | 0 to 9999 mm   |
| <b>Distance:</b>           | Trip distance is capped at 199 km or miles. Odometer distance is 99999 km or mi  |

<sup>†</sup>Note that if any Ah, Wh, or Distance limits are exceeded, then the calculated values such as Wh/km and average speed will be incorrect. Be sure to reset after each battery recharge.

### CA-DP Connector Pinout:



- 1 = Vbatt (Red)
- 2 = Ground (Black)
- 3 = Shunt - (Blue)
- 4 = Shunt + (White)
- 5 = Speed (Yellow)
- 6 = Throttle Over-ride (Green)



## 25.6. Catálogo control de velocidad [17]

Kelly Motor Controller User's Manual

V 2.3

# Kelly Motor Controller User's Manual

### Devices Supported:

|         |         |         |
|---------|---------|---------|
| KD36200 | KD48200 | KD72201 |
| KD36201 | KD48201 | KD72301 |
| KD36202 | KD48202 | KD72401 |
| KD36203 | KD48203 | KD72501 |
| KD36300 | KD48300 | KD72601 |
| KD36301 | KD48301 | KD84200 |
| KD36302 | KD48302 | KD84300 |
| KD36303 | KD48303 | KD84400 |
|         | KD48400 | KD84500 |
|         | KD48401 | KD84600 |
|         | KD48402 |         |
|         | KD48403 |         |
|         | KD48500 |         |
|         | KD48501 |         |
|         | KD48502 |         |
|         | KD48503 |         |
|         | KD48600 |         |
|         | KD48601 |         |
|         | KD48602 |         |
|         | KD48603 |         |

Rev.2.3  
Dec/2007



## Contents

|   |    |
|---|----|
| Chapter 1 Introduction .....                                  | 2  |
| 1.1 Overview.....   | 2  |
| Chapter 2 Main Features and Specifications .....              | 3  |
| 2.1 General functions .....                                   | 3  |
| 2.2 Features .....  | 3  |
| 2.3 Optional Features (Terminals available on back side)..... | 4  |
| 2.4 Specifications .....                                      | 4  |
| 2.5 Model.....  | 4  |
| Chapter 3 Wiring and Installation.....                        | 5  |
| 3.1 Mounting the Controller .....                             | 5  |
| 3.2 Connections.....  | 7  |
| 3.3 Installation Checkout .....                               | 16 |
| Chapter 4 Maintenance.....                                    | 17 |
| 4.1 Cleaning .....  | 17 |
| Table 1: LED CODES .....                                      | 18 |
| Contact Us: .....   | 19 |





## Chapter 1

### Introduction

#### 1.1 Overview

The manual introduces Kelly motor controller features, installation and maintenance. Read the manual carefully and thoroughly before use the controller. Should you have any questions, please contact the support center of Kelly Controls, LLC.

Kelly's programmable motor controllers provide efficient, smooth and quite controls for electrical vehicles like golf cart, go-cart, electric motorcycle, fork lift, as well as electric boat and industry motor speed control. It uses high power MOSFET, fast PWM to achieve efficiency >98% in most cases. Powerful microprocessor brings in comprehensive and precise control to the controllers. It also allows users to set parameters, conduct tests, and obtain diagnostic information quickly and easily.

## Chapter 2

### Main Features and Specifications

#### 2.1 General functions

- (1) The controller will automatically detect how many batteries used. It won't drive motor if the voltage is higher than the maximum operating voltage. It also stops driving if battery voltage is too low. You can identify the error from LED code.(can configure low voltage or over voltage value by configurable software)
- (2) The controller will close the main contactor after power on self-test. Then it waits for a configurable time (default to 0.5s) in the case of contact bumping.
- (3) Current loop and over current protection are built in for both field and armature. The field current is constant across all operation conditions except in the case of field weakening. Armature current is commanded by throttle position sensor.
- (4) The armature current is trimmed down at low temperature and high temperature to protect battery and controller. The armature current will ramp down quickly if controller temperature is higher than 90C. Both armature and field will shutdown at 100C. Low temperature current ramping down usually starts at 20C.
- (5) Current cut back at low battery is built in every controller to extend battery life. When regeneration, monitor voltage in order to prevent over voltage at the same time. *Caution! Excessive voltage drop on wiring may cause problem! Proper gauge of wire is required.*
- (6) The max regeneration current is about half of max output current. *Caution! Regeneration function can reach electric brake effect, but can't make it use as brake, it also need mechanical brake at the same time.*
- (7) Can configure max reverse speed is about half of max forward speed (default to full speed) and can configure the max forward speed.
- (8) The throttle position must have no effective pedal signal when power on. Otherwise the controller will not drive motor.

#### 2.2 Features

- Intelligence with powerful microprocessor, synchron-rectification, fast PWM, and very low drop to provide high efficient and smooth motor control.
- Thermal enhanced rugged aluminum housing, push-on connectors and plated copper bus.
- Current loop and over current protection for both field coil and armature. It provides timely response to driver command, and best protect the motor, the controller and the battery.
- Current multiplication. Usually the armature current is much higher than the current draw from battery.
- LED blinking indicates fault sources.
- Battery protection: current cut back and turn off should battery voltage too low.
- Thermal protection: current cut back on high temperature and low temperature to protect battery and controller.
- Simple installation - uses two-wire 0-5K or 5-0K or 0-5V throttle potential meter. The controller will detect open wire for throttle or brake sensor. Other sensor types can be used as well.

- Calibration and configuration can trim the controller parameters to best fit your application, but isn't required for operation in most cases. Connect the controller to a host computer with a cable provided by us. The GUI is provided for all kinds of Microsoft Windows.

### 2.3 Optional Features (Terminals available on back side)

The optional features are configurable through series communication with a host PC.

- "RLY" is a PWMable low side driver that can be configured as a Peak and Hold Main Contact driver.
- "PWM" is a PWM output to drive a Reverse Alarm or Current Meter. It's default to a Reverse Alarm.
- Brake Switch is required for regeneration. An analog Brake Input can be configured for continuous variable regeneration.
- Support multi-type throttle, including 0-5K or 5-0K resistive throttle, 0-5V hall throttle. When configure 0-5K or 5-0K throttle by configurable software, make TPS of front panel connect to the throttle. When 0-5V hall throttle, making AN2 of back panel connect to the throttle. (SW3 of back panel can provides 5V and the max 30mA to 5V hall throttle.).

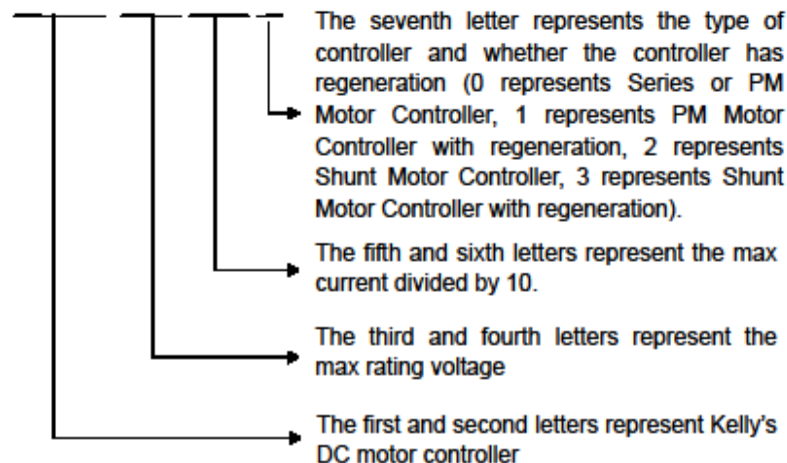
### 2.4 Specifications

- Frequency of Operation: 16.6 KHz.
- Standby Current: less than 15 mA.
- Standard Throttle Input: 0-5K , 5-0K ohms, 0-5 Volts .
- Full Power Operating Temperature Range: -30C to 90 C, 100C shutdown (controller temperature).
- Armature Current Limit, 3 minutes: 200A / 300A / 400A / 500A / 600A.
- Armature Current Limit, continuous: 120A / 160A / 200A / 250A / 300A.
- Peak and Hold Main Contactor Driver: 3A peak, 1A hold.
- Current Meter or Alarm Output: 200mA.

### 2.5 Model

The naming regulation of the Kelly motor controller model:

**KD48301**







## Chapter 3

### Wiring and Installation

#### 3.1 Mounting the Controller

The controller can be oriented in any position as clean and dry as possible, or shield with a cover to protect it from water and contaminants.

To ensure full rated output power, the controller should be fastened to a clean, flat metal surface with four screws. The case outline and mounting hole dimensions are shown in Figure 1.

#### Caution:

- **RUNAWAYS** — Some conditions could cause the vehicle to run out of control. Disconnect the motor, or jack up the vehicle, and get the drive wheels off the ground before attempting any work on the motor control circuitry.
- **HIGH CURRENT ARCS** — Electric vehicle batteries can supply very high power, and arcs can occur if they are short circuit. Always turn off the battery circuit before working on the motor control circuit. Wear safety glasses, and use properly insulated tools to prevent short.

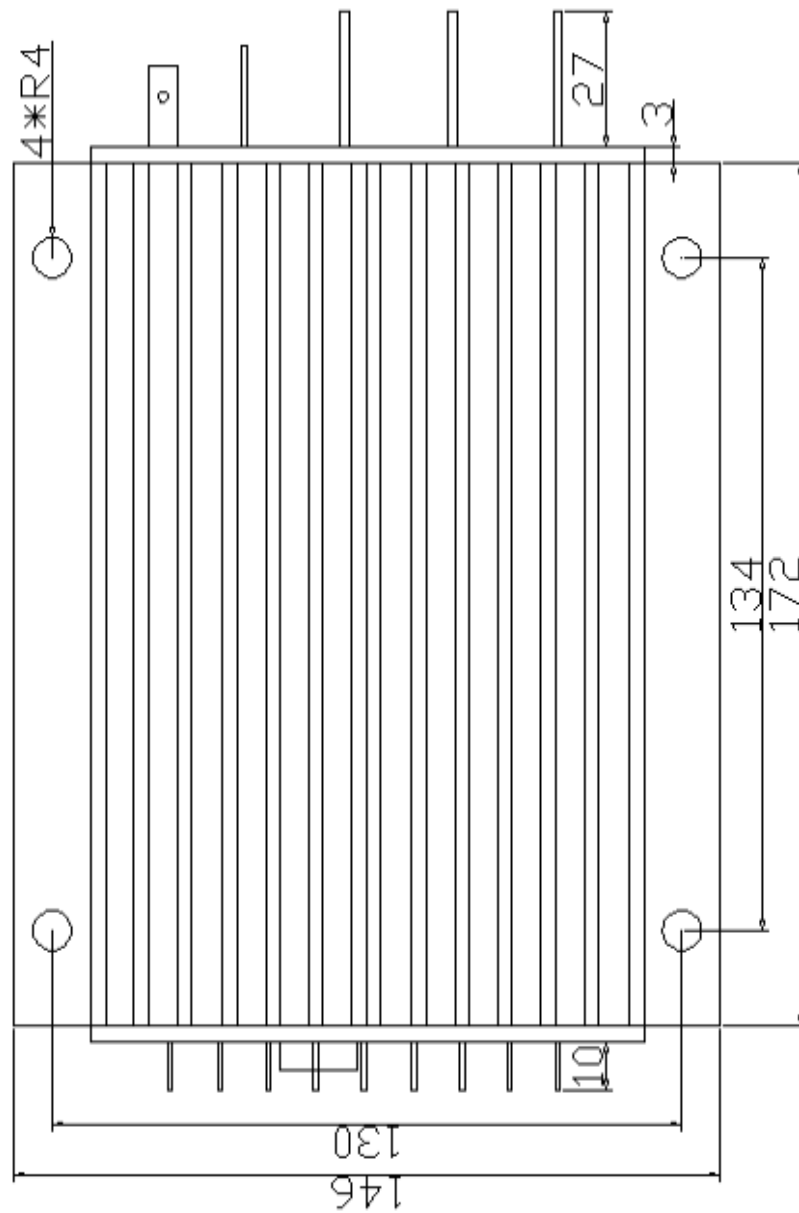


Figure 1: mounting hole dimensions(dimensions in millimeters)

## 3.2 Connections

### 3.2.1 Front Panel of Series or PM Motor Controller:

Seven metal bars are provided for connections to the battery, motor and control signals in the front of the controller shown as Figure 2.

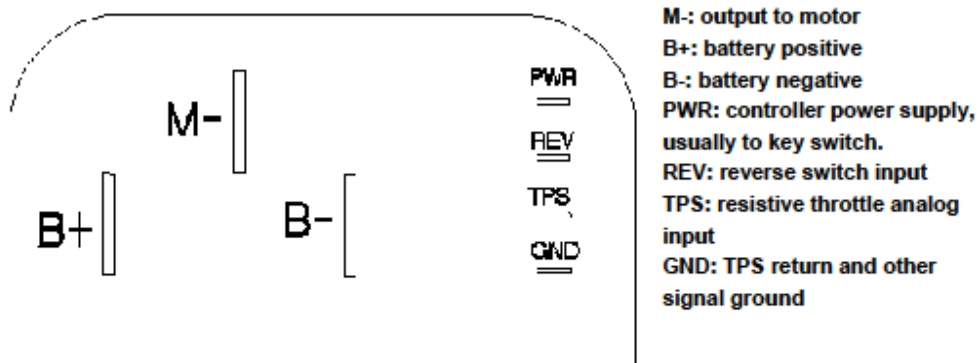


Figure 2: Front panel of Series or PM Motor Controller

**Caution:** Make sure all connections are correct before apply power. Otherwise it may damage the controller!

**1. Power switch:** The vehicle should have a master on/off switch to turn the controller on and off. The voltage switch connects to battery voltage positive(36V and 48V controllers,KD72xxx and KD84xxx are 18-40V positive).

PWR provides power for the controller. It also preferred that PWR provides power to switches, contact coil, and other actuators. It must be capable of carrying these currents.

**2. Reverse switch input:** Make sure the throttle is released before change direction, otherwise go awry and stop output. It is considered as reverse when the reverse switch voltage reach the battery voltage (36V and 48V controllers, KD72xxx and KD84xxx are 18-40V positive). Otherwise considered it is forward.

**3. Resistive throttle analog input:** The 0-5K or 5-0K resistive throttle analog input, It's default to 0-5K. The effective zone of default throttle is 20%-80%, Below 1K speed corresponds to zero speed and above 4K speed corresponds to full speed(can configure effective zone or throttle type by configurable software). If configured 0-5V hall throttle, please take a look at the back panel wiring diagram.

### 3.2.2 Standard Wiring of Series and PM Motor Controller

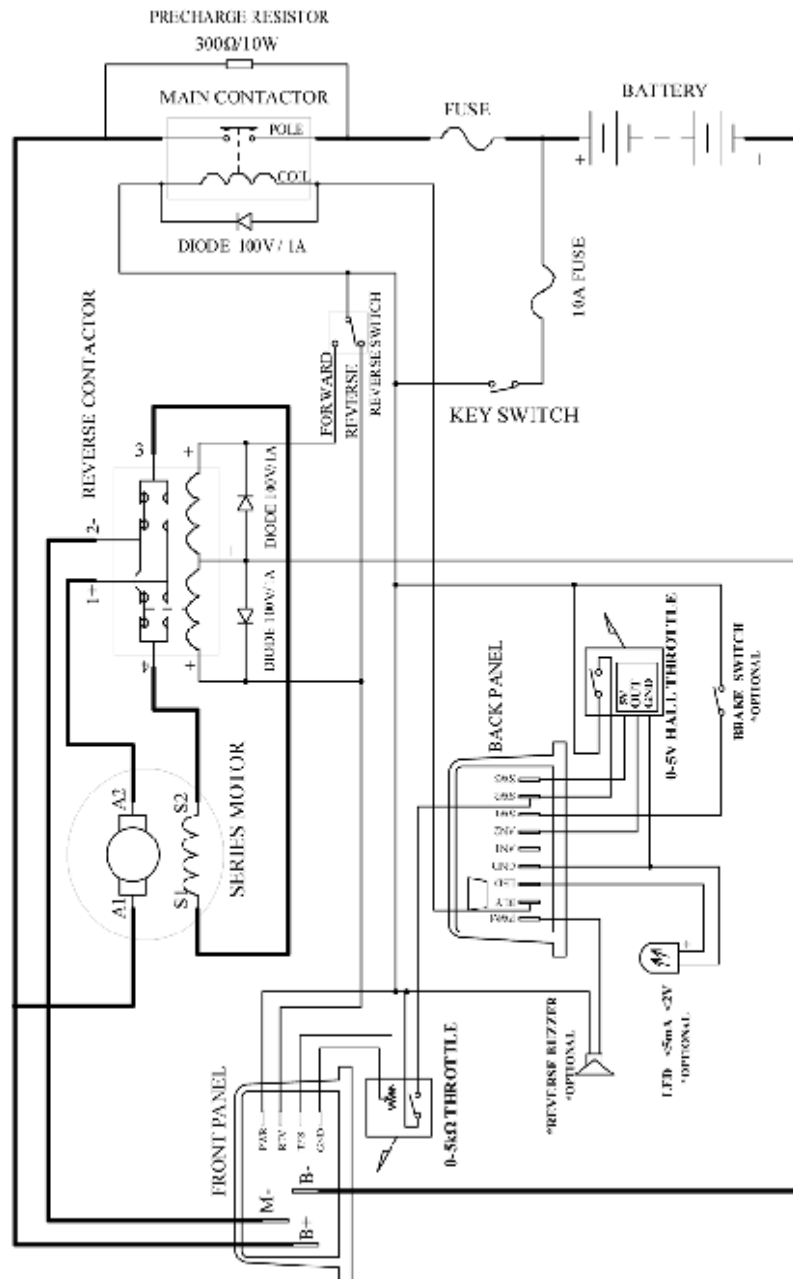


Figure 3: Series motor controller of 24-48V standard wiring



24 V D.C. CONDUCT IN PITCHBEND.

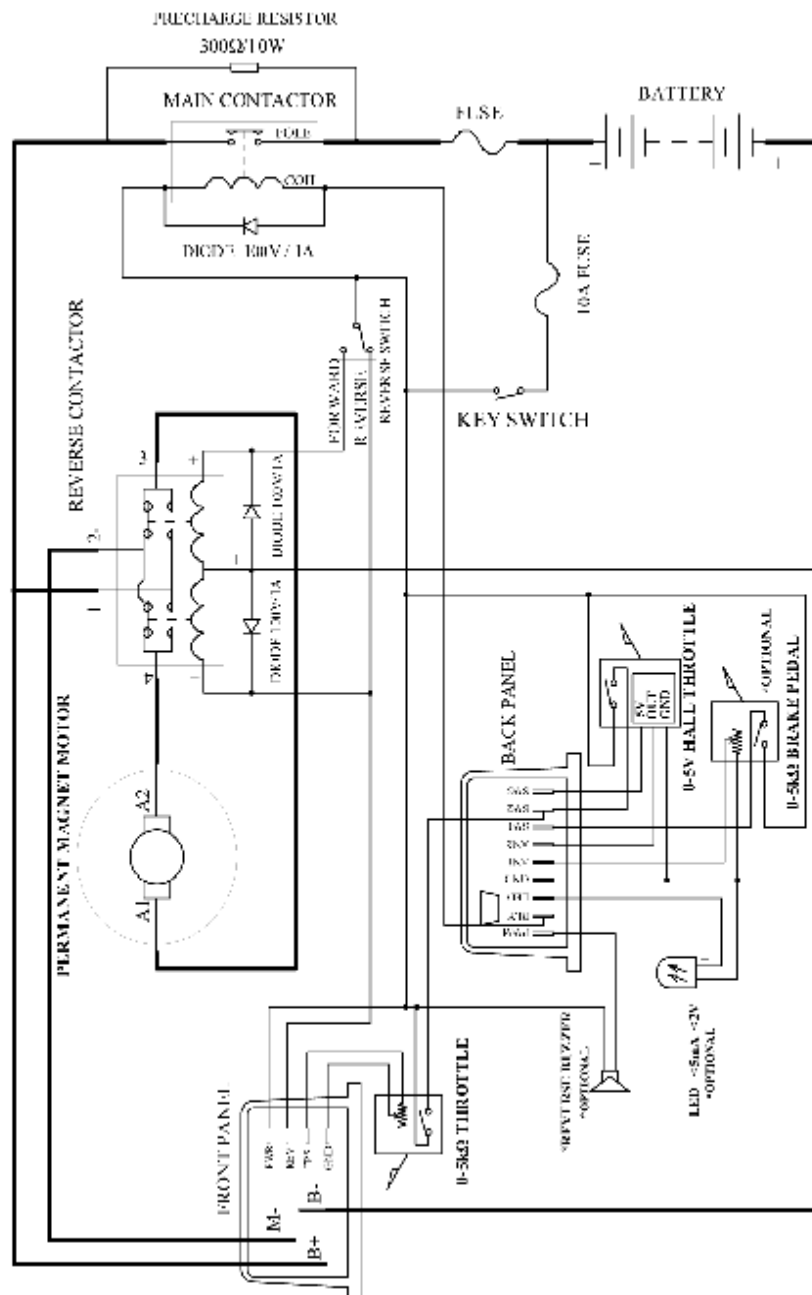


Figure 5: PM motor controller of 24-48V standard wiring

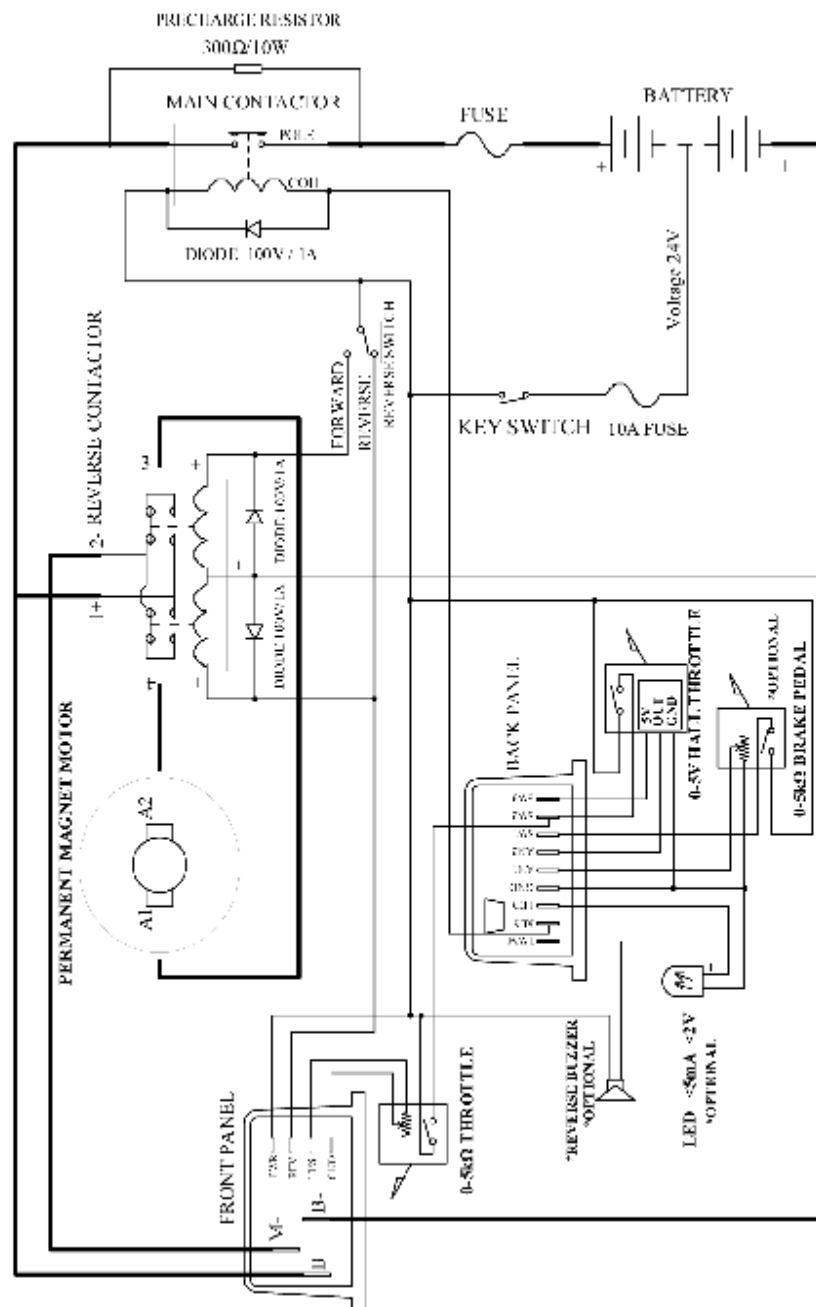


Figure 6: PM motor controller of 72-84V standard wiring





### 3.2.3 Front Panel of Shunt Motor Controller:

Nine metal bars are provided for connections to the battery, control signals, motor armature and field in the front of the controller.

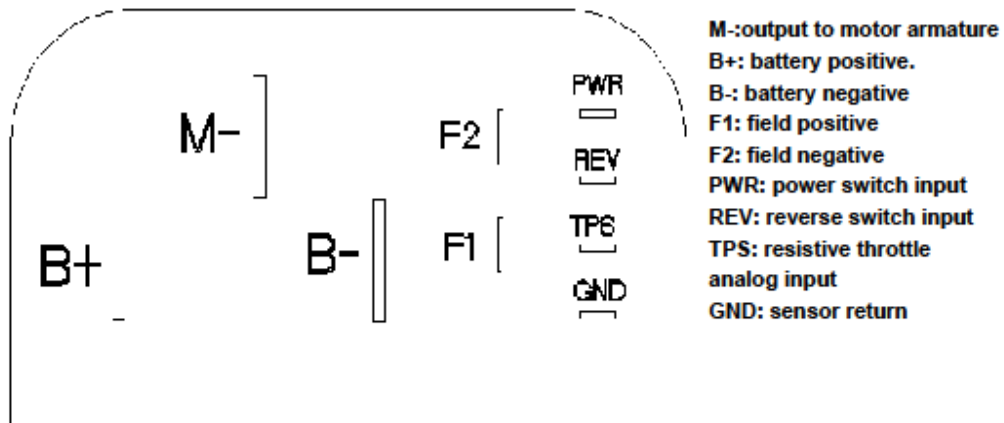


Figure 7:Front Panel of Shunt Motor Controller

- 1. Power switch:** The vehicle should have a master on/off switch to turn the controller on and off. The voltage switch connects to battery voltage positive(36V and 48V controllers,KD72xxx and KD84xxx are 18-40V positive).PWR provides power for the controller. It also preferred that PWR provides power to switches, contact coil, and other actuators. It must be capable of carrying these currents.
- 2. Reverse switch input:** Make sure the throttle is released before change direction, otherwise go awry and stop output. It is considered as reverse when the reverse switch voltage reach the battery voltage (36V and 48V controllers, KD72xxx and KD84xxx are 18-40V positive). Otherwise considered it is forward.
- 3. Resistive throttle analog input:** The 0-5K or 5-0K resistive throttle analog input, It's default to 0-5K. The effective zone of default throttle is 20%-80%, Below 1K speed corresponds to zero speed and above 4K speed corresponds to full speed(can configure effective zone or throttle type by configurable software). If configured 0-5V hall throttle, please take a look at the back panel wiring diagram.
- 4. F1 and F2:** Connect to motor field coil. Motor moves forward when current flow from F1 to F2, in the case of REV switch open.

### 3.2.4 Standard Wiring of Shunt Motor Controller:

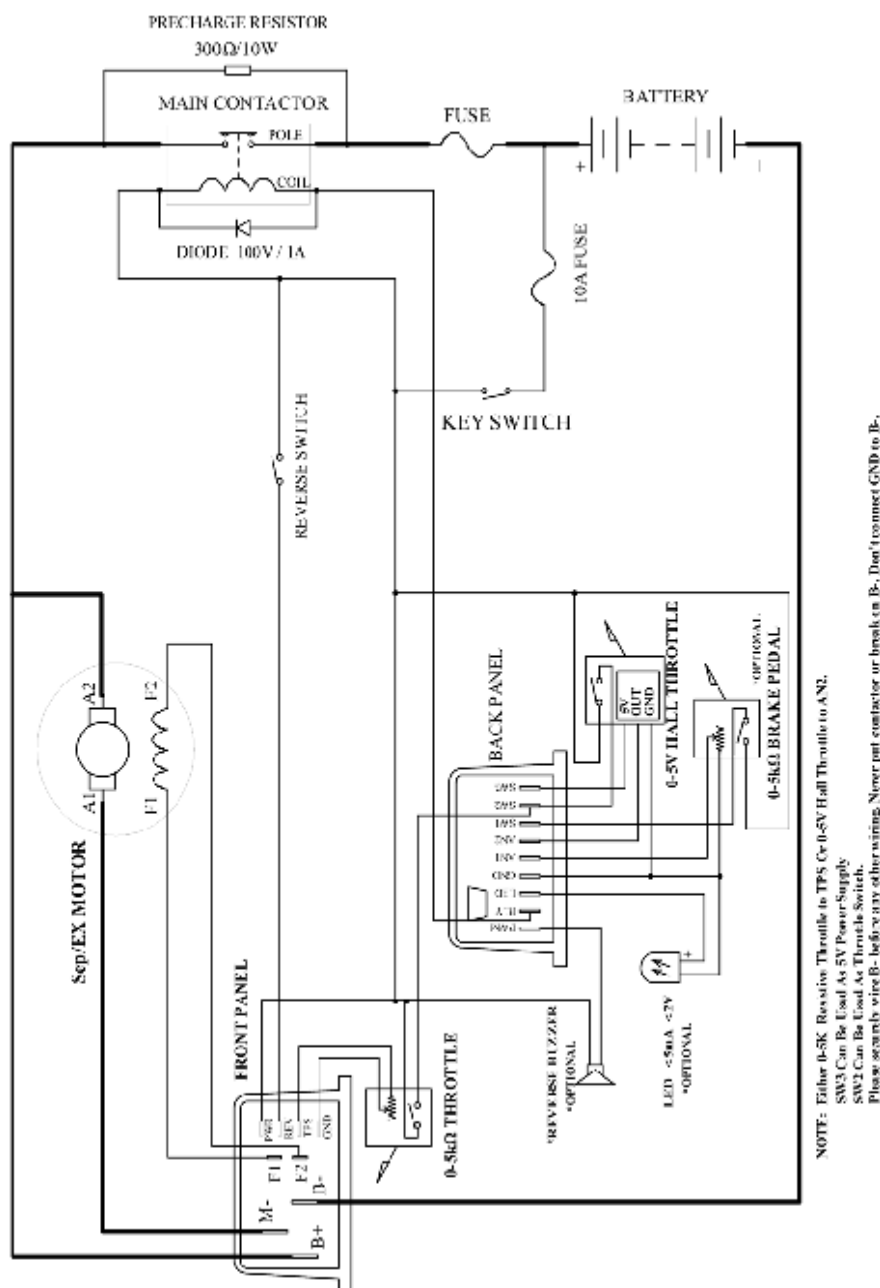


Figure 8: Shunt Motor Controller of 24-48V Standard Wiring



Page 14

### 3.2.5 Back Panel:

Nine metal bars and a communication port are provided on the back panel of each controller shown as Figure 10.

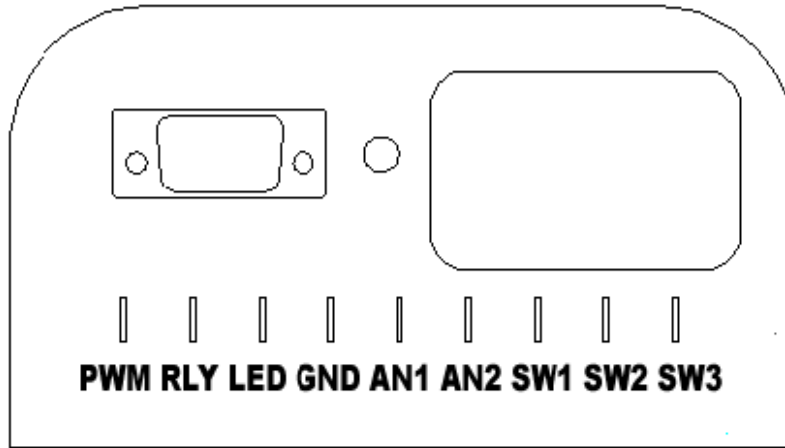


Figure 10: Back Panel of all Controller

**PWM:** can drive one of following: reverse alarm, current meter. Default to reverse alarm.

**RLY:** connect to main contactor.

**LED:** to anode of LED

**GND:** LED cathode and sensor return

**AN1:** analog brake input (0-5K)

**AN2:** 0-5V hall throttle analog input

**SW1:** brake switch input, effective when connects to battery voltage positive(36V and 48V controllers, KD72xxx and KD84xxx are 18-40V positive).

**SW2:** throttle safety switch input, effective when connects to battery voltage positive(36V and 48V controllers, KD72xxx and KD84xxx are 18-40V positive).

**SW3:** +5V and the max 30mA current output, it is used as hall throttle power(may damage controller if throttle beyond the max current).

### 3.2.8 Communication Port

A SCI port is provided to communicate with RS232 of host computer for calibration and configuration. Please note only a specially made RS232 Converter by Kelly Controls can be used.

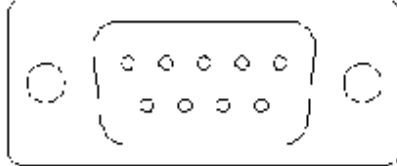


Figure 11: special RS232 interface made by us

### 3.3 Installation Checkout

Before operating the vehicle, complete the following checkout procedure. Use LED code as a reference. The LED codes are listed in Table 1.

**Caution:**

- Put the vehicle up on blocks to get the drive wheels off the ground before beginning these tests.
- Do not allow anyone to stand directly in front of or behind the vehicle during the checkout.
- Make sure the PWR switch and the brake is off
- Use well-insulated tools.

- Make sure the wire is connected correctly
- Turn the PWR switch on. The LED should blink, then keeps on when the controller operates normally. If this does not happen, check continuity of the PWR switch circuit and controller ground.
- The fault code will be detected automatically at restart.
- With the brake switch open, select a direction and operate the throttle. The motor should spin in the selected direction. If it does not, verify the wiring to the REV switches, REV contactors, Main contactor and motor. Also check fuse. The motor should run faster with increasing throttle. If not, refer to Table 1 LED code, and correct the fault according to the code.
- Take the vehicle off the blocks and drive it in a clear area. It should have smooth acceleration and good top speed.



## Chapter 4

### Maintenance

There are no user-serviceable parts inside the controllers. Do not attempt to open the controller. Or you will damage it. However, clearing the controller exterior periodically should be necessary.

The controller is inherently a high power device. When working with any battery powered vehicle, proper safety precautions should be taken. These include, but are not limited to: proper training, wearing eye protection, avoiding loose clothing and jewelry, and using insulated wrenches.

#### 4.1 Cleaning

Although the controller requires actually no maintenance after properly installed, the following minor maintenance is recommended in certain applications.

- Remove power by disconnecting the battery.
- Discharge the capacitors in the controller by connecting a load (such as a contactor coil or a horn) across the controller's B+ and B- terminals.
- Remove any dirt or corrosion from the bus bar area. The controller should be wiped with a moist rag. Be sure it is dry before reconnecting the battery.
- Make sure the connections to the bus bars are tight. Use two wrenches for this task in order to avoid stressing the bus bars; the wrenches should be well insulated.


**Table 1: LED CODES**

| LED Code | Explanation                          | Solution   |
|----------|--------------------------------------|--|
| Off      | No power or no operating             | 1. Check whether the connection is correct.<br>2. Check fuse and power supply switch.  |
| On       | operate normally                     |  |
| 1,2      | Over voltage error                   | 1. Battery voltage is higher than max operating voltage of the controller. Please check the battery voltage.<br>2. Over voltage at regeneration. Controller will cut back or stop regeneration .   |
| 1,3      | Low voltage error                    | 1. The controller will attempt to clear the fault code automatically after 5 second if battery return to normal.<br>2. Check the battery voltage.<br>3. Charge battery if necessary.   |
| 1,4      | Temperature warning error            | 1. The controller temperature is over 90°C. The controller will cut back current in the case. Stop or reduce output to ensure the temperature fall.  |
| 2,1      | Throttle sensor fault                | 1. Check whether the connecting is correct.<br>2. Check whether the throttle type is correct.<br>3. If configured 0-5V hall throttle, check whether the voltage over 5V .<br>4. Whether connects to the front panel or the back panel according to configured throttle type.   |
| 2,2      | Internal voltage fault               | 1. Check whether the B+ and PWR voltage are correct.<br>2. The controller is damaged.  |
| 2,3      | Over temperature error               | 1. The controller temperature is over 100°C. Controller stop driving in order to protect itself.<br>2. Stop driving and wait for temperature fall. Once temperature falls below 80 °C, the controller will restart driving.  |
| 2,4      | Throttle error when startup          | 1. The throttle have signal at power-on(It is default to 20%-80% is effective.eg:0-5K throttle, think 1K is 1%,4K is 100%),can reset throttle Available In or set throttle safety switch by configurable.<br>2. Step on throttle at the same time when power-on, the fault will disappear restart or release throttle. |
| 3,1      | The controllers reset times too much | 1. Default will disappear after restart.   |



|  |          |  |  |
|--|----------|--|--|
| 3,2  | □□ □□    | Internal reset                             | Reset caused by over current or so. It is normal if occurring occasionally.  |
| 3,3  | □□□ □□□  | Brake sensor error                         | 1.Check whether the connecting is correct.<br>2.Chenk whether the connecting of throttle type is correct(the brake throttle only support 0-5K).  |
| 3,4  | □□□ □□□□ | Throttle have signal when change direction | The controller will stop output. It will get right after release throttle.   |
| 4,1  | □□□□ □   | Over voltage error when regeneration       | Beyond the setting value of over voltage when regeneration or startup(can set the value of over voltage by configurable),the controller will shop regeneration. The voltage reduce to recovery voltage and release brake throttle, regeneration get right. |
| 4,2  | □ □      | Field error                                | 1.Field do not reach setting current(can change by configurable software) .<br>2.Field open circuit, please check field connecting.  |
| The LED flashes once at power on, then keeps on for normal operation. "1, 2" means it flashed once, then flashes twice after 1 second. The time between two flashes is 0.5 second. The pause time between one error code and another error code is 2 second. |          |  |  |

## Contact Us:

Kelly Controls, LLC

Home Page:  
<http://www.kellycontroller.com>

E-mail:  
[support@kellycontroller.com](mailto:support@kellycontroller.com)

Phone:  
(001) 847 345 2064